

**МАГІСТЕРСЬКА КВАЛІФІКАЦІЙНА РОБОТА**

05.09 - КМР. 388 "С" 2022.12.09. 009 ПЗ

**КАЦАНА ДМИТРА ОЛЕКСАНДРОВИЧА**

**2022 р.**

**НАЦІОНАЛЬНИЙ УНІВЕРСИТЕТ БІОРЕСУРСІВ І  
ПРИРОДОКОРИСТУВАННЯ УКРАЇНИ**

**ФАКУЛЬТЕТ АГРОБІОЛОГІЧНИЙ**

**УДК 631.427:631.5**

**ПОГОДЖЕНО**  
Декан агробіологічного факультету

\_\_\_\_\_ О.Л. Тонха  
« \_\_\_\_ » \_\_\_\_\_ 2022 р.

**ДОПУСКАЄТЬСЯ ДО ЗАХИСТУ**  
Завідувач кафедри ґрунтознавства  
та охорони ґрунтів

\_\_\_\_\_ В.О. Забалуєв  
« \_\_\_\_ » \_\_\_\_\_ 2022 р.

**МАГІСТЕРСЬКА КВАЛІФІКАЦІЙНА РОБОТА**

**на тему «Показники фізико-хімічних властивостей сірого лісового ґрунту залежно від системи удобрення і вапнування в умовах ННЦ «Інститут землеробства НААН»**

Спеціальність	<u>8.09010102 “ Агрохімія і ґрунтознавство”</u>
Освітня програма	<u>Агрохімсервіс та управління якістю ґрунтів</u>
Орієнтація освітньої програми	<u>освітньо-професійна</u>

**Гарант освітньої програми**

доктор с. г.-н. , професор

\_\_\_\_\_ В.О.Забалуєв

**Керівник магістерської кваліфікаційної роботи**

к. с.-г. наук, доц.

\_\_\_\_\_ С.В.Вітвіцький

**Виконав**

\_\_\_\_\_ Д.О. Кацан

**КИЇВ – 2022**

## ЗМІСТ

<b>ВСТУП</b> .....	7
<b>РОЗДІЛ 1. ОПТИМІЗАЦІЯ ФІЗИКО-ХІМІЧНИХ ПОКАЗНИКІВ КИСЛИХ ҐРУНТІВ ЯК ОСНОВА ВІДТВОРЕННЯ ЇХ РОДЮЧОСТІ І ЗБІЛЬШЕННЯ ПРОДУКТИВНОСТІ АГРОЦЕНОЗІВ</b> .....	9
<b>РОЗДІЛ 2. ПРОГРАМА, МЕТОДИКА, УМОВИ ТА ОБ’ЄКТИ ДОСЛІДЖЕНЬ</b> .....	19
2.1. Програма досліджень.....	19
2.2. Методика досліджень.....	19
2.3. Умови та об’єкти досліджень.....	22
<b>РОЗДІЛ 3. ЕКСПЕРИМЕНТАЛЬНА ЧАСТИНА</b> .....	26
3.1 Фізико-хімічні властивості сірого лісового ґрунту за його виведення із сільськогосподарського виробництва .....	26
3.2. Вплив системи удобрення і вапнування на фізико-хімічні властивості сірого лісового ґрунту.....	28
3.3. Поживний режим ґрунту залежно від системи удобрення та вапнування .....	34
<b>РОЗДІЛ 4. ВПЛИВ СИСТЕМИ УДОБРЕННЯ ТА ВАПНУВАННЯ НА ПРОДУКТИВНІСТЬ ЛАНКИ СІВОЗМІНИ</b> .....	43
<b>РОЗДІЛ 5. ЕКОНОМІЧНА ЕФЕКТИВНІСТЬ ВИРОЩУВАННЯ КУЛЬТУР</b> .....	47
<b>ВИСНОВКИ</b> .....	50
<b>СПИСОК ВИКОРИСТАНОЇ ЛІТЕРАТУРИ</b> .....	53

# НАЦІОНАЛЬНИЙ УНІВЕРСИТЕТ БІОРЕСУРСІВ І ПРИРОДОКОРИСТУВАННЯ УКРАЇНИ

Агробіологічний факультет

**ЗАТВЕРДЖУЮ**

**Завідувач кафедри**

Ґрунтознавства та охорони ґрунтів

ім. професора М.К. Шикнули

д.с.-г. н., проф. \_\_\_\_\_ В.О. Забалуєв

(підпис)

" \_\_\_\_\_ " \_\_\_\_\_ 2021 року

## **ЗАВДАННЯ ДО ВИКОНАННЯ МАГІСТЕРСЬКОЇ КВАЛІФІКАЦІЙНОЇ РОБОТИ**

**Кацану Дмитру Олександровичу**

Спеціальність	<u>8.09010102 “ Агрохімія і ґрунтознавство”</u>
Освітня програма	<u>Агрохімсервіс та управління якістю ґрунтів</u>
Орієнтація освітньої програми	<u>освітньо-професійна</u>

**Тема роботи :** «Показники фізико-хімічних властивостей сірого лісового ґрунту залежно від системи удобрення і вапнування в умовах ННЦ «Інститут землеробства НААН»

2. Керівник роботи: к.с.-г.н. доцент Вітвіцький С.В.

Затверджені наказом від **15 лютого 2021 року № 298 «С»**

1. Термін подання студентом бакалаврської роботи 2022.09.15

2. Вихідні дані до бакалаврської роботи

Огляд літературних джерел, результати лабораторних аналізів щодо змін показників обмінної та гідролітичної кислотності, структури обмінних катіонів у профілі сірого лісового ґрунту залежно від удобрення та вапнування, дані по урожайності культур сівозміни.

3. Перелік питань, що підлягають дослідженню

- визначити показники обмінної та гідролітичної кислотності, структуру обмінних катіонів та вміст рухомих форм елементів живлення у профілі сірого лісового ґрунту за різних варіантів удобрення та вапнування;
- оцінити вплив різних варіантів удобрення та хімічної меліорації сірого лісового ґрунту на урожайність культур ланки сівозміни.
- розрахувати економічну ефективність вирощування культур за різних систем удобрення та меліорації ґрунту.

Дата видачі завдання \_\_\_\_\_ 2021 р.

Керівник магістерської кваліфікаційної роботи \_\_\_\_\_ С.В.Вітвіцький

Завдання прийняв до виконання \_\_\_\_\_ Д.О. Кацан

## Реферат

Магістерська кваліфікаційна робота виконана на тему: «Фізико-хімічні показники сірого лісового ґрунту залежно від системи удобрення і вапнування в умовах ННЦ «Інститут землеробства НААН» на 59 сторінках комп'ютерного тексту, містить 14 таблиць і 72 літературні джерела.

Мета роботи – визначення та оцінка впливу удобрення і вапнування на фізико-хімічні показники сірого лісового ґрунту, агрономічну та економічну ефективність вирощування культур.

Виходячи з мети дослідження ми вирішували такі завдання:

- визначити показники обмінної та гідролітичної кислотності, структуру обмінних катіонів та вміст рухомих форм елементів живлення у профілі сірого лісового ґрунту за різних варіантів удобрення та вапнування;
- оцінити вплив різних варіантів удобрення та хімічної меліорації сірого лісового ґрунту на урожайність культур ланки сівозміни.
- розрахувати економічну ефективність вирощування культур за різних систем удобрення та меліорації ґрунту.

Виведення сірого лісового ґрунту із інтенсивного сільськогосподарського виробництва значно покращує показники агрохімічних та фізико-хімічних властивостей. Так, за 8-річної сіножаті порівняно із вихідними показниками зріс вміст гумусу – із 1,44 до 1,86%, зменшились показники кислотності ґрунту: обмінна - із 4,6 до 5,5, гідролітична – із 3,6 до 1,9 мг-екв/ 100 г ґрунту. Під 14-річним перелогом, порівняно із сіножаттю, відбулось подальше зменшення показників кислотності ґрунту: обмінна кислотність склала 6,2, гідролітична – 1,6 мг.-екв/ 100 г ґрунту, вміст гумусу зріс не тільки в орному шарі –1,76% гумусу, а й на глибині 100 см - до 0,46%.

Застосування різних видів меліорантів на фоні органо-мінерального удобрення зменшило показники обмінної кислотності із 5,0 одиниць на контролі до 5,6-6,1, гідролітична кислотність знизилась із 2,3 мг.екв/100 г на контролі до 1,2-1,8 мг.екв/100 г.

За внесення лише мінеральних добрив вміст обмінного алюмінію був максимальним – 0,24 мг.екв/100 г, вапнування зменшило його вміст до 0,17-0,20 мг.екв/100 г, а мінімальне значення виявлено при внесенні мінеральних добрив у нормі 240 кг/га д.р. сукупно із побічною продукцією та сидератами на фоні полуторної дози вапна – 0,17 мг.екв/100 г.

Внесення дефекату та 160 кг/га NPK сукупно із побічною продукцією та сидератами збільшило вміст обмінних катіонів кальцію та магнію до 87% від ємності вбирання, їх відношення зросло до 8,1, тоді як на контролі ці показники склали відповідно 58% та 7,0. Застосування доломітового борошна збільшило суму кальцію та магнію до 90% від ємності вбирання.

Найкраще стабілізації структури обмінних катіонів сприяло поєднання дефекату із сапоніном: сума кальцію та магнію була оптимальною для ґрунту – 85%, а їх співвідношення зросло до 10,8.

За внесення мінеральних добрив у нормі 160 кг/га NPK на фоні вапнування повною дозою середня продуктивність культур сівозміни була на 27% вищою порівняно з варіантом, де вносили лише мінеральні добрива. Застосування підвищених норм мінеральних добрив (240 кг/га та 320 кг/га NPK) на тому ж фоні вапна забезпечило відповідно приріст продуктивності 2,9 та 3,5 т/га з. од., що на 88 і 97% вище ніж на контрольному варіанті. (без добрив). Істотний вплив на показники продуктивності отримано також від застосування 1,5 т/га сапоніту, а полуторна доза вапна достовірно перевищує ефективність одинарної дози: на 12-й рік приріст продуктивності склав 0,5 т/га з. од.

Розрахунки економічної ефективності вирощування сільськогосподарських культур свідчать, що внесення вапнякових матеріалів у поєднанні із мінеральними добривами, побічною продукцією та сидератами підвищує рентабельність використання останніх на 15-24 %.

## ВСТУП

Ґрунти України досить добре вивчено, проте нераціональне використання сільськогосподарських угідь викликало інтенсивний розвиток процесів їх деградації. Біля третини орної території еродовано, втрачено біля 20 % органічної речовини, майже вся орна земля в підорному шарі ущільнена, зростає кислотність, прогресують процеси декальцинації.

Останнім часом проблема збереження родючості кислих ґрунтів, які на сьогодні залучені переважно в інтенсивне землеробство, зокрема сірих лісових, набула системного характеру. Площа кислих ґрунтів становить 10383 тис. га, або 26,3% загальної площі, тобто кожний четвертий гектар ґрунту кислий, а в зоні Лісостепу – майже кожен другий (49,7%).

Негативні зміни у сучасних незбалансованих умовах господарювання ще більше посилились внаслідок того, що врожайність сільськогосподарських культур за останні 10-15 років забезпечується здебільшого за рахунок потенційної родючості ґрунтів. При цьому, мінеральні добрива, які є головним джерелом надходження поживних речовин у сучасному землеробстві для підвищення врожайності сільськогосподарських культур, значно трансформують фізико-хімічні властивості ґрунту, і часто не у кращу сторону. Особливо виразно це проявляється на ґрунтах легкого гранулометричного складу, які мають низький вміст мулистої фракції, гумусу, і як наслідок – низьку місткість катіонного обміну, слабку здатність до закріплення в ГВК кальцію та магнію, за рахунок чого підвищуються їх непродуктивні втрати.

Хімічна меліорація є однією з основних складових загальної системи управління родючістю і розглядається як першочерговий агрозахід із докорінного покращення фізико-хімічних та агрофізичних властивостей ґрунтів.

Вапнування забезпечує поповнення ґрунту кальцієм, як меліорантом, так і добривом, і нейтралізацію ґрунтової кислотності; створення більш

комфортного екологічного середовища для росту і розвитку озимої пшениці, кукурудзи, ячменю, ріпаку, конюшини, люцерни, які на сильно- та середньо кислих ґрунтах значно знижують урожай; активізацію мікробіологічної діяльності, що сприяє посиленню азотфіксації ґрунтів як бульбочковими бактеріями, так і асоціативними та вільно існуючими азотобактерами; підвищення ефективності мінеральних добрив на 20-40 %; покращення якості вирощеної продукції завдяки посиленню детоксикації ґрунтів, забруднених важкими металами, залишками пестицидів і радіонуклідами.

Незважаючи на значну екологічну і економічну ефективність вапнування (рентабельність сягає 133%) , його обсяги з 1990 до 2008 року скоротились у 26 разів . Останніми роками в Україні вапнується лише 1-2 % кислих ґрунтів, тоді як згідно з проектом Загальнодержавної програми використання та охорони земель щорічні обсяги вапнування кислих ґрунтів в Україні мають становити 530-910 тис. га.

Отже, хімічна меліорація має бути невід'ємною частиною єдиної системи управління родючістю кислих ґрунтів, обов'язковою складовою комплексу агротехнологічних процесів, таких, як система сівозмін, обробіток ґрунту, внесення добрив, захист рослин тощо для отримання високих і сталих врожаїв та екологічно безпечної сільськогосподарської продукції.



## **РОЗДІЛ 1. ОПТИМІЗАЦІЯ ФІЗИКО-ХІМІЧНИХ ПОКАЗНИКІВ КИСЛИХ ҐРУНТІВ ЯК ОСНОВА ВІДТВОРЕННЯ ЇХ РОДЮЧОСТІ І ЗБІЛЬШЕННЯ ПРОДУКТИВНОСТІ АГРОЦЕНОЗІВ**

Прискорена деградація та втрата потенційної і ефективної родючості ґрунтів, особливо на територіях із промивним і періодично промивним типами водного режиму, вимагає пошуку шляхів зменшення негативних аспектів антропогенного впливу на кислі ґрунти з метою стабілізації ґрунтової родючості для вирощування продукції рослинництва з мінімальними витратами засобів хімізації та максимальною продуктивністю. Кислі ґрунти у складі сільськогосподарських угідь складають біля 10 млн. га, із них – 7,7 млн. га – рілля, у тому числі 3,2 млн. га слабо кислих, 1,3 млн. га середньо кислих і 0,5 млн. га сильно кислих [1].

У зоні Лісостепу кислі ґрунти представлені переважно ясно-сірими, сірими лісовими та темно-сірими опідзоленими ґрунтами, загальна площа яких у структурі сільськогосподарських угідь складає 3,84 млн. га [2,3].

Сірі лісові ґрунти переважно утворились на лесовидних суглинках і лесах (97%), глинах (0,4%) , які підстилаються пісками, мергелем тощо. Легкий гранулометричний склад сірих лісових ґрунтів зумовив низьку ємність вбирання, низький вміст гумусу, невеликі запаси поживних речовин (особливо азоту) і надмірну кислотність унаслідок промивного або періодично промивного типу водного режиму [4-8].

Унаслідок цього різко зростає рухомість елементів живлення та їх переміщення у нижні шари ґрунту , а переважаючий вміст фракції грубого пилу не сприяє оструктуренню орного шару, після дощів відбувається запливання ґрунту, утворюється тверда ґрунтова кірка, яка після обробітку перетворюється у крупні грудки. Все це зумовлює невисоку природну родючість сірих лісових ґрунтів, яка за основними показниками переважає лише дерново-підзолисті ґрунти [9,10].

Агроекологічну оцінку ґрунтів проводять за комплексом показників ґрунтових режимів, серед яких важливе місце має реакція ґрунтового, яка безпосередньо впливає на ріст і розвиток рослин, діяльність ґрунтових організмів і ступінь розчинності важкодоступних форм елементів живлення, коагуляцію і пептизацію ґрунтових колоїдів та ефективність удобрення [11,12].

Кисле середовище ґрунтів обмежує отримання високих та якісних урожаїв сільськогосподарських культур і недобір урожаю основних культур унаслідок негативного впливу кислотності ґрунту щороку складає біля 1 млн. 350 тис. т зернових одиниць. Найбільше знижуються валові збори пшениці, ячменю, кукурудзи, цукрових буряків і ріпаку.

Основними причинами формування підвищеної кислотності ґрунту є кліматичні умови (промивний водний режим), склад ґрунотвірної породи (кисла чи карбонатна) та антропогенні чинники (діяльність людини).

Посилення антропогенного навантаження на ґрунт через збільшення норм мінеральних добрив, особливо азотних, за дефіциту органічних добрив і відчуження кальцію із зростаючими врожайми та інфільтрації його з талими водами та зливовими опадами значно підвищує темпи підкислення ґрунтів [13,14].

Поряд із внесенням мінеральних добрив на підкислення ґрунтів значно впливає забруднення навколишнього середовища, оскільки промисловість нашої країни щорічно викидає в атмосферу біля 0,5 млн. т сірчаного ангідриду. Через це можливе випадання кислотних дощів із газових та аерозольних сполук сірки, які можуть викликати зниження показників обмінної кислотності до 2,6-3,0, що прискорює вилугування сполук кальцію і підвищує кислотність ґрунту [15,16].

Підкислення погіршує фізичні, фізико-хімічні, агрохімічні і біологічні властивості ґрунту, а саме: пептизуються колоїди, що зумовлює руйнування

структури; пригнічується ріст і розвиток кореневої системи, що впливає на зимостійкість та посухостійкість культур; знижується окупність азотних і фосфорних добрив; знижується активність азот фіксуєючих бактерій; зростає забур'яненість полів, які витримують кислу реакцію ґрунтового середовища.

Ґрунти із надмірною кислотністю містять значні кількості рухомих форм алюмінію та марганцю, які токсично впливають на ріст і розвиток сільськогосподарських культур. Несприятливі фізико-хімічні властивості кислих ґрунтів негативно відображаються на агрофізичних властивостях – безструктурність, злитизація, низька аерація тощо [17,18].

Унаслідок інтенсивної декальцинації, яка проявляється у зниженні вмісту в ґрунтах кальцію та магнію і зменшенні катіонної ємності, відбувається постійне підкислення сірих лісових, темно сірих опідзолених ґрунтів, чорноземів.

Зменшення вмісту карбонатів – це закономірний процес на територіях із промивним типом водного режиму і інтенсивність цього процесу залежить від багатьох факторів: розподілу та характеру опадів за періодами року, генетичних особливостей та гранулометричного складу ґрунту, типу сівозміни та інтенсивності її удобрення, хімічної меліорації [19-20].

У сучасних складних умовах господарювання досить важко підтримувати природну родючість ґрунту, яка погіршується через нераціональну систему удобрення, нехтування правильного набору культур сівозміни за рахунок вирощування високорентабельних ринкових культур, заходів боротьби із бур'янами, хворобами та шкідниками рослин. Останнім часом у незбалансованій мінеральній системі удобрення надається перевага фізіологічно кислим азотним добривам, які значно підвищують продуктивність культур. Але при цьому значно зростає рухомість обмінних форм кальцію і магнію, і незважаючи на їх досить високий вміст у ґрунті прискорюються

непродуктивні втрати та збільшується винесення підвищеними врожайми сільськогосподарських культур [21-24].

Дослідженнями А.І. Гуменюка, Т.Н.Кулаковської, Г.А Мазура, З.М. Томашівського та ін.. , проведеними у різних ґрунтово-кліматичних зонах, виявлено чітку залежність між внесенням фізіологічно кислих азотних добрив і втратою карбонатів (від 0,4 до 3,0 ц  $\text{CaCO}_3$  на 1 ц добрив) залежно від гранулометричного складу та дози внесених мінеральних добрив [25-28].

Встановлено, що навіть внесення високих доз органічних і мінеральних добрив не завжди призводить до стійкого і достатнього запасу поживних речовин у кислих ґрунтах , оскільки їх надмірна кислотність і легкий гранулометричний склад заважають достатній фіксації елементів живлення у кореневмісному шарі [29].

Тому, ефективність системи удобрення сільськогосподарських культур на кислих ґрунтах напряду залежить від вапнування, яке завжди повинно передувати застосуванню мінеральних добрив.

На жаль, інтенсифікація землеробства за відсутності систематичного і науково обґрунтованого застосування вапнякових матеріалів, відсутності коштів для проведення хімічної меліорації, зменшення обсягів виробництва меліорантів погіршує родючість ґрунту, знижує ефективність дії мінеральних добрив, значно зменшує валові обсяги продукції рослинництва. Все це вимагає пошуку нових шляхів застосування різних кальцієвмісних сполук, їх доз і особливо термінів повторного вапнування залежно від системи удобрення культур та їх переліку у сівозміні [30-32].

У землеробстві для розширеного відтворення родючості кислих ґрунтів застосовують як природні вапняки , так і відходи промислового виробництва, найважливіші з яких такі: вапняк (вапнякове борошно), мелена крейда, мелені доломіти (доломітове борошно), мергелі, вапнякові туфи, дефекат та інші меліоранти [33].

Доломітове борошно  $\text{CaMg}(\text{CO}_3)_2$  одержують шляхом розмелювання твердих доломітових порід. Добриво має високу сипучість, на 98% складається із часток  $< 0,25$  мм, нейтралізуюча здатність 95-100%. Зустрічаються у Вінницькій, Хмельницькій, Тернопільській, Львівській, Чернігівській, Івано-Франківській, Закарпатській, Чернівецькій областях. Наявність магнію підвищує його цінність, особливо при внесенні на легких ґрунтах за вирощування льону, картоплі, коренеплодів і багаторічних трав [34-36]. У наших дослідах використовували доломітизований вапняк із вмістом  $\text{MgCO}_3$  – 55%.

Дефекат – це відходи цукрової промисловості, які складають 9-12% від маси переробленої цукрової сировини. Свіжий дефекат містить до 50% води, але при підсиханні вміст вологи зменшується до 20-30%, що надає йому сипучості і придатності для вапнування. Сухий дефекат містить 30-75% кальцію у формі  $\text{CaCO}_3$  і  $\text{Ca}(\text{OH})_2$ , у невеликих кількостях N – 0,2-0,7%,  $\text{P}_2\text{O}_5$  – 0,2-0,9%,  $\text{K}_2\text{O}$  – 0,3-1,0% завдяки чому є досить ефективним меліорантом.

Академік О.Н. Соколовський назвав кальцій «стражем родючості», підкреслюючи його виняткову роль у збереженні родючості ґрунту завдяки коагулюючій здатності та підтриманні оптимальної для більшості рослин реакції ґрунтового розчину [37].

Магній займає у переважаючих типах ґрунтів друге місце після кальцію і також відіграє велику роль у ґрунтовій родючості. Ще К.К. Гедройц встановив, що при внесенні надмірних норм вапна через недостатній вміст у них обмінного магнію на деяких ґрунтах різко погіршувались умови росту і розвитку культурних рослин [38].

Катіони кальцію і магнію в обмінному стані знаходять у досить широкому інтервалі співвідношень від 1:1 до 10:1 залежно від типу ґрунту і його гранулометричного складу. Дане співвідношення повинно бути орієнтоване на певний набір культур сівозміни, хоча це завдання спрощується через

запровадження коротко ротаційних сівозмін, які налічують 3-5 культур.

Однак, навіть у цьому випадку, зменшення частки магнію у ґрунтовому вбирному комплексі викликає істотне зменшення врожайності культур і, зокрема, ефективності хімічної меліорації. У зв'язку із цим виникає необхідність досліджень меліоративного ефекту матеріалів, які збагачені магнієм і до яких належить сапоніт.

Сапоніт – триоктаедричний високо магнієвий смектит, мінерал із групи трьохшарових силікатів, відноситься до найбільш магнезіальної відміни монтморилоніту. Найбільші запаси сапонітових глин – Ташківське та Варварівське (Хмельницька область) містять до 40 млн. Тонн, залягають на глибині 10-20 м, потужність продуктивних шарів 20- 50 м.

Хімічний склад сапоніту, порівняно з дефекатом, характеризується низьким вмістом оксиду кальцію, але його перевага, як меліоранту, полягає у підвищеному вмісті таких важливих біогенних компонентів, як MgO, K<sub>2</sub>O [39].

Сапонітова глина з родовища Ташківське містить до 80% сапоніту, відзначається високою магнезіальністю, дисперсністю та ємністю обміну: так, вміст MgO досягає 11,6%, ємність катіонного обміну становить 74 мг-екв/100 г [40].

Сапоніт має підвищений вміст мікроелементів, необхідних для нормального росту і розвитку рослин, не містить шкідливих токсичних домішок, що дозволяє отримувати екологічно безпечну продукцію рослинництва за органічної системи землеробства [41-42].

Кислотність ґрунтового розчину істотно впливає на ріст і розвиток культурних рослин, визначає стан ґрунтового вбирного комплексу, є надійним показником фізико-хімічних, агрохімічних та інших властивостей ґрунту і однією із основних умов реалізації потенційної родючості ґрунту [43-48].

Науковцями ННЦ «Інститут землеробства НААН» під керівництвом

академіка Мазура Г.А. встановлено, що у ГВК ненасичених основами ґрунтів, за умов сильно - і середньо кислої реакції ґрунтового розчину поряд із воднем знаходиться алюміній. У переважаючій більшості випадків, присутність вільного алюмінію у сольовій витяжці ґрунтів пов'язана із гідролізом його солей під час виконання аналізу.

Алюміній переважно міститься у первинних і вторинних мінералах: у складі твердої фази ґрунтів займає досить значну питому вагу (валовий вміст 10-30%  $Al_2O_3$ ) , слабо впливає на реакцію ґрунтового розчину. Однак, при вивітрювання мінералів, алюміній переходить у розчинну та обмінну форми і унаслідок цього різко зростає його токсичність [49,50].

Окрім цього, алюміній обмежує фосфорне живлення рослин, зв'язує рухомі форми фосфатів у нерозчинні і важкодоступні сполуки та порушує обмін речовин у рослинах [51-53].

Численними дослідженнями встановлено підвищення розчинності ґрунтових фосфатів за вапнування кислих ґрунтів , а достатній вміст у ґрунті кальцію і магнію сприяє мобілізації фосфору із важкорозчинних сполук заліза, алюмінію та їх переходу у більш доступні рослинам форми [54-58].

Токсичність впливу рухомого алюмінію на сільськогосподарські культури переважно залежить від ємності вбирання ґрунту, тобто від гранулометричного складу та вмісту гумусу і може різко (у 2-3 рази) зменшувати урожайність. Тому , збільшення ємності вбирання кислих ґрунтів , нейтралізація їх кислотності є головним напрямом по відтворенню їх родючості. Досягти цього можна шляхом комплексного застосування різних форм і доз хімічних меліорантів сукупно із мінеральними та органічними добривами (гній, побічна продукція, сидерати) з метою оптимізації ґрунтових процесів та підвищення продуктивності сільськогосподарських культур.

У теперішніх умовах переважна більшість господарств взагалі не мають тваринництва , тому за відсутності гною, як основного органічного добрива,

альтернативним є внесення соломи озимих зернових, ефективність якої значно зростає при додаванні біля 10 кг азоту на тонну соломи для покращення співвідношення вуглецю та азоту [59,60].

При внесенні 1 тонни соломи у ґрунт надходить до 800 кг органічної речовини, 4,0-5,5 кг азоту, 0,8-1,8 кг фосфору, 5,5-14,0 кг калію, 2,3-9,0 кальцію, до 2 кг магнію. Солома за 2,5-4 місяці розкладається на 46%, за 1,5-2 роки – на 80%, а новоутворення гумусу через 2 роки становить 90-100 кг/га, що значно поповнює його лабільний фонд і є джерелом мінерального живлення рослин [61-63].

Висока ефективність соломи, як добрива забезпечується за умови рівномірного розподілу на поверхні поля у подрібненому стані (5-10 см), при внесенні під просапні, зернові і зернобобові культури під основний обробіток ґрунту на полях, де передбачається вирощування кукурудзи на зерно і зелений корм, буряків цукрових, соняшнику, картоплі. Для запобігання іммобілізації азоту ґрунту необхідно внести 10-12 кг діючої речовини азотних добрив на 1 т соломи або 6-10 т/га рідкого гною і не пізніше, ніж за 2 дні після цього заробити масу. До внесення азотних добрив, подрібнену солому можна залишити на поверхні ґрунту на два тижні, що буде сприяти затриманню вологи [64].

Побічна продукція рослинництва є суттєвим джерелом поповнення запасів органічної речовини ґрунту. Раніше, за наявності значної кількості великої рогатої худоби, її застосовували для годівлі тварин, на підстилку, унаслідок чого по Україні в середньому вносили 8-9 т гною на 1 га ріллі, однак нині ця кількість зменшилась майже у 10 разів. Доведено, що внесення максимально оптимальних доз мінеральних добрив є економічно не вигідним, а впровадження елементів біологізації землеробства дозволяє на 30-40% зменшити потребу у мінеральних добривах із збереженням високої продуктивності сівозмін. На сьогодні є можливість внесення до 40 млн. т побічної продукції, що дорівнює



160 млн. т підстилкового гною, що у 18 разів більше, ніж його внесено у 2011 році. [65,66].

Основним завданням сидерації, як і застосування побічної продукції рослинництва є поліпшення фізичних, фізико-хімічних агрохімічних і мікробіологічних властивостей ґрунту для забезпечення отримання стабільних врожаїв. Система сидерації значно залежить від місцевих кліматичних умов, культури господарювання, сівозміни, рівня внесення мінеральних добрив. Так, за низького рівня удобрення отримують всього 8-13 т/га зеленої маси сидератів, тоді як внесення 45-60 кг/га діючої речовини NPK значно підвищує цей показник – до 35-40 т/га, що еквівалентно 30-40 т/га підстилкового гною.

Для сидерації використовують понад 60 різновидів бобових, капустяних і злакових культур, як окремо, так і в їх сумішах, завдяки чому оптимізуються умови мінерального живлення культури під яку їх застосовують. Окрім цього, придатність культур у якості зеленого добриває визначає не лише їх азот фіксуюча здатність, але і потужність кореневої системи, яка відіграє велику роль в оструктуренні ґрунту [67-69].

Рівень ґрунтової родючості, особливо вміст гумусу, елементів живлення і реакція ґрунтового розчину визначає вибір сидерату. Так, злакові культури (жито озиме, овес, пажитниця) добре переносять підвищену кислотність ґрунту та низький вміст у ньому поживних речовин, добре реагують на додаткове внесення азоту. Бобові, навпаки, не вимагають додаткового внесення азоту, краще ростуть на родючих ґрунтах, але значна забур'яненість полів не дозволяє їм наростити значну біомасу за досить короткий період вегетації. Капустяні культури (за винятком редьки олійної) вибагливі до показників родючості ґрунту, негативно реагують на дефіцит азоту, нестачу вологи і вимагають високого рівня культури землеробства [70].

Найбільш поширеною формою сидерації є проміжна, яка поділяється на післяукісну та післяжнивну, особливо за умов достатнього зволоження і для неї

придатні лише скоростиглі культури, які нечутливі до низьких температур повітря і ґрунту та зменшення інтенсивності сонячної радіації і тривалості світлового дня (суріпиця яра та озима, гірчиця біла, редька олійна, ріпак) [71,72].

Отже, покращити родючість кислих ґрунтів, зокрема, оптимізувати їх фізико-хімічні властивості можна декількома шляхами, але найбільш дієвим є вапнування. Проте останнім часом вапнування як захід відтворення родючості ненасичених основами ґрунтів фактично не здійснюється, унаслідок чого щорічно зростають площі кислих ґрунтів, знижується ефективність мінеральних добрив, відбуваються значні втрати продукції рослинництва. Через відсутність коштів все це вимагає пошуку економічно вигідних шляхів застосування різних видів меліорантів, їх доз і особливо строків повторного вапнування невеликими нормами залежно від системи удобрення та набору культур сівозміни.

## РОЗДІЛ 2. ПРОГРАМА, МЕТОДИКА , УМОВИ ТА ОБ'ЄКТ ДОСЛІДЖЕНЬ

### 2.1. Програма досліджень

Мета роботи – визначення та оцінка впливу удобрення і вапнування на фізико-хімічні показники сірого лісового ґрунту, агрономічну та економічну ефективність вирощування культур.

Виходячи з мети дослідження ми вирішували такі завдання:

- визначити показники обмінної і гідролітичної кислотності, структуру обмінних катіонів та вміст рухомих форм елементів живлення у профілі сірого лісового ґрунту за різних варіантів удобрення та вапнування;
- оцінити вплив різних варіантів удобрення та хімічної меліорації сірого лісового ґрунту на урожайність культур ланки сівозміни.
- розрахувати економічну ефективність вирощування культур за різних систем удобрення та меліорації ґрунту.

### 2.2. Методика досліджень

Дослідження проводилися у стаціонарному досліді “Вивчення технологічних заходів відтворення і регулювання родючості сірого лісового ґрунту” ННЦ «Інститут землеробства НААН» , закладеному у 1992 році, що проводиться у просторі в 3-х полях семипільної зерно-трав'яної польової сівозміни. Повторність досліду 4-ри разова, площа посівної ділянки 60 м<sup>2</sup> (10 × 6) , облікової – 24 м<sup>2</sup> (6 × 4). Спосіб обробітку – оранка.

У 2006 році була проведено реконструкцію досліду в частині введення нових культур у сівозміну та меліорантів. Вапно – дефекат із вмістом 50% CaCO<sub>3</sub> внесено за величиною гідролітичної кислотності повною дозою 1,0 Нг – 4,5-6,0 т/га CaCO<sub>3</sub>, також 1,5 його дози, а також сапоніт із розрахунку 1,5 т/га у

поєднанні з вапном у дозах 0,75 і 0,5 Нг (повторне вапнування проведене восени 2005-2007 рр.).

За реконструкції сівозміну змінено і запроваджено чергування культур: соя – пшениця яра – гречка – ячмінь із підсівом конюшини – конюшина (на сидерат) – пшениця озима – просо. Досліджується система удобрення культур сівозміни: одинарна доза в діючій речовині складає під пшеницю озиму та яру  $N_{60}P_{30}K_{60}$ , сою –  $N_{30}P_{30}K_{45}$ , ячмінь –  $N_{60}P_{30}K_{45}$ , гречку –  $N_{45}P_{45}K_{45}$ , просо –  $N_{60}P_{30}K_{60}$ , конюшина червона – без добрив. Фосфорні та калійні добрива вносяться під зяблеву оранку, азотні навесні під передпосівний обробіток ґрунту й підживлення.

У IV-й ротації органічні добрива вносили у вигляді побічної продукції (солома пшениці ярої та озимої, сої, ячменю, що вносилися у рік вирощування зазначених культур) та один раз заорювався сидерат – зелена маса конюшини. У зв'язку з випаданням конюшини заплановані пожнивні сидеральні посіви (редьки олійна, гірчиця біла) у 2018 р. В орному шарі ґрунту вивчався вплив доз мінеральних добрив, меліоративних заходів залежно від їх дозування та поєднання на стан ефективної родючості ґрунту (табл.2.2.1).

У 2022 році вирощувалися соя (сорт Вільшанка), ячмінь ярий (сорт Сонцедар), гречка (сорт Синтетик). Технологія вирощування культур у досліді загальноприйнята для зони Лісостепу.

Для порівняння змін фізико-хімічних показників сірого лісового ґрунту за багаторічного використання і при виведенні його із інтенсивного сільськогосподарського виробництва було проведено дослідження на ділянці 8-річної сіножаті та 14-річного перелогу.

Таблиця 2.2.1

**Схема стаціонарного дослідів ННЦ «Інститут землеробства НААН»  
(Київська область, смт Чабани)**

Варіант дослідів	
№	Система удобрення, вапнування
1	Без добрив (контроль)
2	CaCO <sub>3</sub> (5 т/га)
3а	НРК
3б	НРК за ВГС
4а	НРК + CaCO <sub>3</sub> (5 т/га)
4б	НРК за ВГС + CaCO <sub>3</sub> (5 т/га)
5	Сидерат + CaCO <sub>3</sub> (5 т/га)
6	Сидерат + НРК + ПП - ФОН
7	ФОН + CaCO <sub>3</sub> (5 т/га)
8	ФОН + доломіт (5 т/га)
9	Сидерат + ПП + НРК за ВГС
10	ФОН + CaCO <sub>3</sub> (4 т/га) + сапоніт (1,5 т/га)
11	ФОН + CaCO <sub>3</sub> (2,5 т/га) (0,5 Нг) + сапоніт (1,5 т/га)
12а	Сидерат + 1,5 НРК + CaCO <sub>3</sub> (5 т/га) + ПП
12б	Сидерат + 1,5 НРК за ВГС + CaCO <sub>3</sub> (5 т/га) + ПП
13а	Сидерат + 2 НРК + CaCO <sub>3</sub> (5 т/га) + ПП
13б	Сидерат + 2 НРК за ВГС + CaCO <sub>3</sub> (5 т/га) + ПП
14	Сидерат + 1,5 НРК + CaCO <sub>3</sub> (7,5 т/га) + ПП
15	Сидерат + 1,5 НРК + CaCO <sub>3</sub> (5 т/га)
16	Побічна продукція + сидерат
17	1,5 НРК + CaCO <sub>3</sub> (5 т/га) + ПП
18а	1,5 НРК + CaCO <sub>3</sub> (5 т/га)
18б	1,5 НРК за ВГС + CaCO <sub>3</sub> (5 т/га)
19а	2 НРК + CaCO <sub>3</sub> (5 т/га)
19б	2 НРК за ВГС + CaCO <sub>3</sub> (5 т/га)

НРК – 160 кг/га д.р.

1,5 НРК – 240 кг/га д.р.

2 НРК – 320 кг/га д.р.

ПП – побічна продукція

ВГС - видове генетичне співвідношення елементів живлення

Проби ґрунту відбирались після збирання врожаю на всіх полях дослідів з першого повторення з шарів 0-20 і 20-40 см, а для розрахунку запасів гумусу – до глибини 100 см.. Рослинні проби – перед збиранням культури для визначення урожайності та якості зерна. Аналітичні дослідження проводились із визначення таких показників:

- гумус за Тюріним - Симаковим в модифікації Нікітіна (ДСТУ 4289:2004);
- рН сольовий (ДСТУ ISO10390-2001);
- обмінна кислотність і рухомий алюміній за Соколовим (ГОСТ 26484-85; ГОСТ 26485-85);
- гідролітична кислотність за Каппеном (ГОСТ 26212-91);
- обмінний кальцій та магній – атомно-абсорбційним методом на спектрофотометрі ААС-3 (ДСТУ 3866-99);
- азот гідролізованих сполук за Корнфілдом;
- рухомі сполуки фосфору і обмінного калію за Кірсановим (ДСТУ 4405-2005).
- показники якості зерна визначаються згідно з методом передбаченим нормативною базою України: ДСТУ 4117-2007 «Зерно та продукти його переробки. Визначення показників якості методом інфрачервоної спектроскопії».

### **2.3 Умови та об'єкти досліджень**

Згідно агрокліматичного районування України, територія Києво-Святошинського району входить до складу північної підпровінції Правобережного Лісостепу високого у Київському агрогрунтовому районі. Клімат помірно континентальний, м'який, з достатньою вологістю. Зима тривала, порівняно тепла; літо – достатньо тепле й вологе. Середня багаторічна температура січня – 6,5°, липня +20,1°. Тривалість безморозного періоду 160–165 днів. Період з температурою понад +10° становить 155 –165 днів, сума активних температур від 2480°– 2700°. Опадів випадає 500 – 600 мм на рік. Максимальна кількість їх (близько 40 %) випадає влітку. Сталий сніговий покрив (середня висота 15–30 см) встановлюється в середині грудня, сходить у кінці березня. Серед несприятливих кліматичних явищ – інтенсивні зливові

дощі з грозами, град, бездощові періоди, суховії (до 5–10 днів), пилові бурі влітку, льодова кірка, ожеледь тощо.

Аналіз гранулометричного складу сірого лісового ґрунту за генетичними горизонтами, наведений у таблиці 2.3.1., свідчить, що в основному він відноситься за верхнім горизонтом до легкосуглинкового ґрунту за класифікацією проф. Н. А. Качинського .

Домінуючими фракціями гранулометричного складу є фракція грубого пилу та дрібного піску: у верхньому горизонті їх вміст складав відповідно 53,2 та 10,2 %.

**Таблиця 2.3.1**

**Гранулометричний склад сірого лісового ґрубопилувато-  
легкосуглинкового ґрунту на лесі**

Індекс і межі горизонту, см		He 0-39	Hi 40-78	I 79-140	Ірк 141-170	Рк 171 і глибше
Назва розмір фракції, мм	Грубий пісок 1,0–0,25	14,07	11,70	5,68	4,88	29,23
	Дрібний пісок 0,25-0,05	10,22	20,76	16,56	31,25	24,94
	Грубий пил 0,05-0,01	53,20	46,65	39,29	38,08	28,24
	Середній пил 0,01-0,005	8,60	5,73	17,79	4,09	2,45
	Дрібний пил 0,005-0,001	2,45	4,91	5,79	7,37	9,82
	Мул менше 0,001	11,46	10,23	14,89	14,33	5,32

Необхідно відмітити, що за умістом мулу, як найціннішої фракції, є видима диференціація, особливо це стосується ілювіального горизонту і ілювіального при переході до породи, де вміст мулу становив відповідно 14,89 і 14,33%, що ясно вказує на перерозподіл тонкодисперсної фракції вниз по

профілю низхідними токами води та руйнуванням мулистих часток поверхневих горизонтів кислими продуктами розкладу.

У цілому, гранулометричний склад сірого лісового ґрунту, на наш погляд, має невисоку потенційну здатність до оструктурування і до належної зв'язності та водостійкості ґрунтових агрегатів. Також можлива диспергація нестійких структурних агрегатів та утворення кірки.

Вміст гумусу у орному шарі ґрунту складав 1,44%, а в підорному – 1,09 %. Даний ґрунт має слабо кислу реакцію ґрунтового розчину. В орному шарі рНвод. становить 6,2, гідролітична кислотність – 3,9 мг-екв, сума увібраних катіонів – 13,2 мг-екв/100 г ґрунту, а ступінь насиченості основами – 78 % (табл. 2.3.2).

Таблиця 2.3.2

**Фізико-хімічні властивості сірого лісового грубопилувато-легкосуглинкового ґрунту на лесі**

Генетичний горизонт	Вміст гумусу, %	рН Н <sub>2</sub> О	Нг	S	V, %	Увібрані катіони, мг-екв/100г	
						Ca <sup>2+</sup>	Mg <sup>2+</sup>
He	1,44	6,2	3,9	13,2	78	9,7	3,2
Hi	1,09	6,4	2,9	9,2	76	7,7	1,4

Ґрунт дослідної ділянки характеризується не досить сприятливими водно-фізичними властивостями (табл. 2.3.3). Його щільність складення не є оптимальною для більшості культур і становить 1,32 у орному шарі та дещо зростає в нижчезалягаючому горизонті до 1,37 г/см<sup>3</sup>. Загальна пористість складає відповідно 50,3 та 48,6 % і оцінюється як задовільна за Н.А. Качинським.



Таблиця 2.3.3

**Водно-фізичні властивості сірого лісового грубопилувато-  
легкосуглинкового ґрунту на лесі**

<b>Генетичний горизонт</b>	<b>Щільність ґрунту, г/см<sup>3</sup></b>	<b>Щільність твердої фази, г/см<sup>3</sup></b>	<b>Загальна пористість, %</b>	<b>Найменша вологоємність, %</b>	<b>Максимальна гігроскопічність, %</b>
He	1,32	2,62	50,3	24,3	6,5
Hi	1,37	2,69	48,6	22,4	7,6

Таблиця 2.3.4

**Вміст елементів живлення у сірому лісовому грубопилувато-  
легкосуглинковому ґрунті на лесі**

<b>Генетичний горизонт</b>	<b>Легкогідролізований азот, по Тюрину та Кононовій, мг/кг</b>	<b>Рухомий фосфор за Кірсановим, мг/кг</b>	<b>Обмінний калій за Кірсановим, мг/кг</b>
He	25,3	45,9	56,3
Hi	22,1	27,8	41,2

Забезпеченість легкогідролізованим азотом за Тюриним та Коновою дуже низька, рухомими фосфатами та обмінним калієм за Кірсановим - низька (табл. 2.3.4).

## РОЗДІЛ 3. ЕКСПЕРИМЕНТАЛЬНА ЧАСТИНА

### 3.1 Фізико-хімічні властивості сірого лісового ґрунту за його виведення із сільськогосподарського виробництва

Доведено, що інтенсивність сучасних ґрунтоутворювальних процесів та формування родючості орного сірого лісового ґрунту залежить від поєднання антропогенних факторів із генетичними. Для порівняння напряду змін елементарних ґрунтових процесів за різного агротехнічного навантаження дослідження проводились і в природних екосистемах.

Дослідження показали (табл. 3.1.1, 3.1.2), що виведення ґрунтів з інтенсивного сільськогосподарського виробництва викликає глибокі зміни ґрунтових режимів, відбувається значне покращення показників агрохімічних та фізико-хімічних властивостей ґрунту.

**Таблиця 3.1.1**  
**Фізико-хімічні властивості ґрунтового розрізу сіножаті (8 років)**

Генетичний горизонт	Глибина, см	Вміст гумусу, %	рН <sub>KCl</sub>	Нг, мг-екв/ 100 г ґрунту	Обмінні катіони, мг-екв/ 100 г ґрунту	
					Ca <sup>2+</sup>	Mg <sup>2+</sup>
He	0-39	1,86	5,6	1,9	9,6	1,5
Hi	40-78	1,03	5,7	1,5	9,6	1,8
I	79-140	0,51	5,9	0,8	8,8	1,4
Ipк	141- 170	0,36	7,1	0,08	55,9	2,4
Pк	171...	0,31	7,4	0,05	36,7	2,1

Вихідні дані 1992 р.: вміст гумусу – 1,44%, рН (KCl) – 4,6; Нг – 3,6 мг-екв/100 г ґрунту.

Так, за 8-річної сіножаті (ділянка 8 років використовується як сіножать і зайнята типовими для місцевості природними біоценозами), порівняно із вихідними показниками зріс вміст гумусу – із 1,44 до 1,86%, зменшились показники кислотності ґрунту: обмінна - із 4,6 до 5,5, гідролітична – із 3,6 до 1,9 мг-екв/ 100 г ґрунту. Вміст обмінного кальцію залишився без змін, а обмінного магнію зменшився із 3,2 до 1,5 мг-екв/ 100 г ґрунту.

Ще більше змінюються морфологічна будова профілю та фізико-хімічні властивості сірого лісового ґрунту за ведення 14-річного перелогу на подібній із стаціонарним дослідом ділянці (табл. 3.1.2). Цей ґрунтовірний процес внаслідок тривалої дії природної екосистеми на ділянці можна порівнювати з процесами у цілинних ґрунтах.

**Таблиця 3.1.2**  
**Фізико-хімічні властивості ґрунтового розрізу перелогу (14 років)**

Генетичний горизонт	Глибина, см	Вміст гумусу, %	рН <sub>KCl</sub>	Нг, мг-екв/ 100 г ґрунту	Обмінні катіони, мг-екв/ 100 г ґрунту	
					Ca <sup>2+</sup>	Mg <sup>2+</sup>
He	0-45	1,76	6,2	1,6	9,3	1,5
Hi	46-78	0,98	6,2	1,1	9,7	1,5
I	79-140	0,83	5,9	1,2	8,6	1,4
Ipk	141- 170	0,46	6,0	0,95	48,6	1,6
Pk	171...	0,41	7,3	0,08	40,7	2,1

Вихідні дані 1992 р.: вміст гумусу – 1,44%, рН (KCl) – 4,6; Нг – 3,6 мг-екв/100 г ґрунту.

Порівняння морфологічної будови сірого лісового ґрунту за різного використання показує, що вже за 14 років перелогового стану сформувалася більша потужність гумусово-елювіального горизонту, вміст гумусу зріс не тільки в орному шарі (переліг – 1,76% гумусу, стаціонарний дослід – 1,24%), а й на глибині 100 см (відповідно до 0,46% проти 0,31%). У той же час на неудобреному ґрунті стаціонарного досліді за 22 роки використання втрачено близько 10% вихідного вмісту гумусу (1,44%).

Виведення сірого лісового ґрунту під переліг, порівняно із сіножаттю, сприяло подальшому зменшенню показників кислотності ґрунту: обмінна кислотність склала 6,2, гідролітична – 1,6 мг-екв/ 100 г ґрунту.

### 3.2. Вплив системи удобрення і вапнування на фізико-хімічні властивості сірого лісового ґрунту

Відомо, що фізіологічно-кислі форми мінеральних добрив здатні швидко підкислювати навіть провапновані ґрунти, у сірих лісових цей процес дещо уповільнюється. Попередні результати досліджень динаміки кислотності у ґрунті свідчили, що внесення вапна у повній дозі за Нг (6 т/га) змінює реакцію ґрунтового середовища на кінець III ротації сівозміни (7-й рік) від сильно- та середньо кислої до нейтральної  $pH_{KCl}$  6,1-6,5, гідролітична кислотність знизилася до мінімуму – 1,2-1,6 мг-екв/100 г ґрунту.

Загальною закономірністю у динаміці кислотності ґрунту на 12-й рік після проведення повторного вапнування є те, що разом зі згасанням нейтралізуючої дії меліорантів на всіх варіантах її величина помітно зростає. Ґрунт усіх вапнованих варіантів із застосуванням органо-мінерального удобрення має оптимальні значення (табл. 3.2.1), крім варіантів із застосуванням лише мінеральних добрив та побічної продукції (вар. 3, 16). Разом з тим, застосування меліорантів у поєднанні з підвищеними дозами мінеральних добрив і сидерату та побічної продукції (вар. 12, 13, 15, 17) забезпечували близьку до нейтральної реакцію ґрунтового середовища  $pH_{KCl}$  5,5-5,7. Внесення підвищених доз NPK на фоні одинарної дози вапна сприяло збільшенню кількості рухомого алюмінію (0,54-0,64 мг/100 г ґрунту). На фоні полуторної дози вапна вміст рухомого алюмінію знижувався до мінімуму, така ж закономірність відмічена і для обмінної кислотності, а ступінь насичення ГВК основами – 85%. Враховуючи підкислюючу здатність фізіологічно кислих форм мінеральних добрив слід зазначити, що повна доза вапна є недостатньою для оптимізації кислотності на фоні підвищених доз мінеральних добрив.

Відмічено, що органо-мінеральна система удобрення (вар. 6) не впливала на обмінну кислотність, крім того простежувалося поступове збільшення у ґрунті алюмінію, але до нешкідливих меж. Обернена закономірність

спостерігалася у вапнованих варіантах. Разом з тим, застосування вапнякових матеріалів у поєднанні з помірними дозами мінеральних добрив забезпечили близьку до нейтральної реакцію ( $pH_{KCl}$  5,6-5,7) ґрунтового середовища та високий ступінь насичення ГВК основами – 74-76%.

Слід зазначити, що вапновані варіанти забезпечили накопичення обмінного  $Ca^{2+}$  у ґрунті. Найбільший уміст обмінного  $Ca^{2+}$  – 7,2, 7,4 мг-екв/100 г ґрунту відмічений на варіантах, де застосовували одинарну і полуторну дозу вапна по фону органічних і одинарної та полуторної доз NPK відповідно. Встановлено, що внесення підвищених доз NPK на фоні одинарної дози вапна спричинило збільшення вмісту рухомого алюмінію (0,64 мг/100 г ґрунту). На фоні полуторної дози вапна його вміст знижувався до мінімуму, така ж закономірність відмічена і для обмінної кислотності.

Провідне місце серед увібраних основ займає кальцій. В «ідеальному» ґрунті за ступенем насичення (95%) кальцій повинен складати 80-85% ємності вбирання. Такий ґрунт здатний повністю забезпечити стабільно високі врожаї сільськогосподарських культур. Проте, у природних умовах без проведення вапнування, такого вмісту кальцію у сірих лісових ґрунтах досягти практично неможливо .

Таблиця 3.2.1

Фізико-хімічні показники сірого лісового ґрунту  
залежно від удобрення і вапнування (шар 0-20 см)

Варіант	Вміст гумусу, %	pH <sub>KCl</sub>	Hг, мг-екв/100 г ґрунту	Al <sup>3+</sup> , мг/100 г ґрунту
1. Без добрив (контроль)	1,21	5,0	2,3	1,16
2. CaCO <sub>3</sub> (1,0 Нг)	1,55	5,8	1,4	0,17
3а. NPK	1,55	5,2	1,7	0,24
3б. NPK за ВГС	1,66	5,4	1,7	0,20
4а. NPK + CaCO <sub>3</sub> (1,0 Нг)	1,60	5,6	1,8	0,09
4б. NPK за ВГС + CaCO <sub>3</sub> (1,0 Нг)	1,65	5,6	1,4	0,14
5. Сидерат + CaCO <sub>3</sub> (1,0 Нг)	1,66	5,6	1,4	0,08
6. Сидерат + NPK + ПП - ФОН	1,65	5,1	2,2	0,21
7. ФОН + CaCO <sub>3</sub> (1,0 Нг)	1,64	5,6	1,8	0,23
8. ФОН + доломіт (1,0 Нг)	1,64	5,7	1,8	0,51
9. Сидерат + ПП + NPK за ВГС	1,45	5,2	1,9	0,49
10. ФОН + CaCO <sub>3</sub> (0,75Нг) + сапоніт (1,5 т/га)	1,55	5,6	1,8	0,27
11. ФОН + CaCO <sub>3</sub> (0,5 Нг) + сапоніт (1,5 т/га)	1,50	5,4	1,9	0,32
12а. Сидерат + 1,5 NPK + CaCO <sub>3</sub> (1,0 Нг) + ПП	1,64	5,4	1,9	0,33
12б. Сидерат + 1,5NPK за ВГС +CaCO <sub>3</sub> (1,0Нг) + ПП	1,60	5,5	1,8	0,64
13а. Сидерат + 2 NPK + CaCO <sub>3</sub> (1,0 Нг) + ПП	1,64	5,6	1,6	0,59
13б. Сидерат + 2 NPK за ВГС + CaCO <sub>3</sub> (1,0 Нг) + ПП	1,64	5,6	1,8	0,54
14. Сидерат + 1,5 NPK + CaCO <sub>3</sub> (1,5 Нг) + ПП	1,71	6,1	1,2	0,23
15. Сидерат + 1,5 NPK +CaCO <sub>3</sub> (1,0 Нг)	1,55	5,4	1,9	0,43
16. Побічна продукція + сидерат	1,50	5,4	1,6	0,11
17. 1,5 NPK + CaCO <sub>3</sub> (1,0 Нг) + ПП	1,54	5,8	1,4	0,04
18а. 1,5 NPK + CaCO <sub>3</sub> (1,0 Нг)	1,54	5,7	1,6	0,13
18б. 1,5 NPK за ВГС + CaCO <sub>3</sub> (1,0 Нг)	1,54	5,6	1,8	0,14
19а. 2 NPK + CaCO <sub>3</sub> (1,0 Нг)	1,55	5,6	1,9	0,14
19б. 2 NPK за ВГС + CaCO <sub>3</sub> (1,0 Нг)	1,55	5,7	1,8	0,06

Примітка: вихідні 1992 р.: рН (KCl) – 4,6; Нг – 3,6 мг-екв/100 г ґрунту.

Слід відмітити, що майже всі ґрунти легкого гранулометричного складу, в тому числі й сірі лісові характеризуються дуже низьким умістом рухомого магнію і часто культурні рослини можуть відчувати його нестачу, як елемента живлення. Одним із важливих і найвразливіших показників родючості кислих ґрунтів є структура обмінних катіонів у вбирному комплексі. Ступінь насиченості основами ГВК визначає його фізико-хімічні, агрохімічні, біологічні та інші важливі в агрономічному відношенні властивості.

Внесення вапнякових матеріалів є найбільш дієвим чинником оптимізації реакції ґрунтового розчину унаслідок швидкої взаємодії кальцію та магнію із ґрунтовим вбирним комплексом і за короткий час нейтралізують кисле середовище. Кислотність ґрунту, перш за все, зумовлена кислотою реакцією материнської породи, але її величина може зростати залежно від глобальних змін клімату і, особливо, при неправильному сільськогосподарському використанні ґрунтів. Надмірне внесення фізіологічно кислих форм мінеральних добрив, низький рівень забезпечення органічними добривами, недотримання структури сівозмін, техногенне забруднення є причинами вторинного підкислення ґрунтів і формування несприятливого для основних сільськогосподарських культур реакції ґрунтового розчину.

Позитивна дія кальцію і магнію, додатково внесених у ґрунт із вапняковими матеріалами не обмежується нейтралізацією вільних вільних кислот і кислих солей ґрунтового розчину. У поглинутому стані вони покращують взаємодію між рослиною, ґрунтом та добривами, структурність ґрунту.

Якісний і кількісний склад обмінних катіонів навіть у одному типі ґрунту одного і того ж гранулометричного складу суттєво залежить від рівня його окультурення, але провідне місце належить кальцію. Оптимальне співвідношення кальцію і магнію у ґрунтовому вбирному комплексі надає ґрунту таких фізичних, фізико-хімічних, агрохімічних і мікробіологічних

властивостей за яких створюються найкращі умови для підтримання у ґрунтовому середовищі реакції близької до нейтральної, що забезпечує нормальний розвиток культурних рослин і одержання високих та стабільних врожаїв.

Результати досліджень показують, що застосована у досліді комплексна хімічна меліорація викликає значні покращення у структурі обмінних катіонів ГВК. Порівняння показників структури вбирного комплексу до закладання досліду і після меліорації свідчать про те, що сірий лісовий ґрунт змінює властивості під впливом добрив і композицій меліорантів за короткий проміжок часу. Показники наведені в таблиці 3.2.2 показують, що запаси кальцію та магнію у ґрунті змінюються залежно від системи удобрення. Відмічено, що у ґрунті без добрив (контроль) спостерігається поступове зменшення вмісту обмінного  $\text{Ca}^{2+}$  в орному шарі ґрунту. Це свідчить про його вимивання з верхнього шару атмосферними опадами, а також винесенням урожаєм культур. Слід зазначити, що втрати обмінних катіонів з орного шару ґрунту спричинені внесенням фізіологічно кислих добрив, особливо підвищених доз, адже їх підкислювальна дія виявляється не тільки у негативному впливі на показники кислотності, але й у посиленні процесу вилуговування кальцію та магнію з ґрунту.



**Таблиця 3.2.2**  
**Структура обмінних катіонів у вбирному комплексі сірого лісового ґрунту,**  
**% до ємності вбирання, (шар 0-20 см)**

Варіант		Вапнування				7-й рік дії вапнування				12-й рік дії вапнування			
		Ca <sup>2+</sup>	Mg <sup>2+</sup>	H <sup>+</sup>	$\frac{Ca^{2+}}{Mg^{2+}}$	Ca <sup>2+</sup>	Mg <sup>2+</sup>	H <sup>+</sup>	$\frac{Ca^{2+}}{Mg^{2+}}$	Ca <sup>2+</sup>	Mg <sup>2+</sup>	H <sup>+</sup>	$\frac{Ca^{2+}}{Mg^{2+}}$
1	Без добрив (контроль)	49	7	44	7,0	50	8	42	6,3	54	9	37	6,0
2	CaCO <sub>3</sub> (1,0 Нг)	55	8	38	6,9	69	12	19	5,8	69	9	23	7,7
3	НРК	54	7	45	7,7	52	12	36	4,3	51	7	43	7,3
4	НРК+ CaCO <sub>3</sub> (1,0 Нг)	55	8	36	6,9	75	12	13	6,3	73	9	18	8,1
6	Сидерат + НРК + поб прод. – <b>ФОН</b>	54	7	39	7,7	65	11	24	5,9	55	9	36	6,1
7	ФОН + CaCO <sub>3</sub> (1,0 Нг)	55	8	37	6,9	76	12	12	6,3	74	10	16	7,4
8	ФОН + доломіт (1,0 Нг)	64	8	28	8,0	79	11	10	7,2	76	10	14	7,6
10	ФОН + CaCO <sub>3</sub> (0,75 Нг) + сапоніт (1,5 т/га)	54	5	41	10,8	74	11	15	6,7	66	9	25	7,3
14	Сидерат + 1,5 НРК + CaCO <sub>3</sub> (1,5 Нг) + Пп	55	7	38	7,9	77	10	13	7,7	85	8	8	10,6

Вапновані варіанти забезпечили накопичення обмінного  $\text{Ca}^{2+}$  у ґрунті, особливо це відмічається на кінець III ротації сівозміни. Позитивні зміни у структурі обмінних катіонів виразно проявляються під впливом вапнування, особливо це спостерігається у варіантах із застосуванням помірних доз НРК (вар. 4, 7). Найкращі показники структури обмінних катіонів досягнуто за поєднання дефекату із сапонітом (вар. 10). Застосування доломітового борошна (1,0 Нг) (вар. 8) сприяло стабілізації структури обмінних катіонів у ГВК та забезпечило краще співвідношення  $\text{Ca}^{2+}$  до  $\text{Mg}^{2+}$  на відміну від вапнякового (1,0 Нг). За застосування полуторної дози вапна (вар. 14), навіть на 11-й рік післядії повторного вапнування, кількість кальцію і магнію у ГВК становить 93%.

Результати досліджень свідчать, що внесення органічних і помірних доз мінеральних добрив у поєднанні з одинарною дозою вапна сприяє збагаченню ґрунту на кальцій. За підвищених доз мінеральних добрив доцільно вносити полуторну дозу вапна.

### **3.3. Поживний режим ґрунту залежно від системи удобрення та вапнування**

Поживний режим сірих лісових ґрунтів і вміст елементів живлення у них дуже різноманітний. Перш за все, це значною мірою залежить від генетичних особливостей ґрунту, водного режиму, гранулометричного складу, вмісту гумусу та ін.

Реакція ґрунтового середовища є одним із основних показників рівня родючості ґрунту для більшості сільськогосподарських культур, тому що вона є інтегральним показником цілого комплексу властивостей, від якого залежить формування врожаю; вміст доступних для рослин азоту, фосфору, калію, багатьох мікроелементів; рухомість алюмінію, надмірна кількість якого може різко негативно впливати на рослини порівняно з іонами водню; кількісний та якісний склад мікроорганізмів, які населяють ґрунт, продукти метаболізму, які суттєво впливають на продуктивність рослин.

Азот один із основних біогенних елементів, необхідних для рослин, тварин і людей. Він входить до складу білків, амінокислот, нуклеїнових кислот та інших органічних речовин, що становлять хімічну основу клітини .

У ґрунті азот знаходиться переважно в недоступній рослинам органічній формі , мінерального азоту міститься всього близько 1% від загального. За впливу біологічних процесів органічний азот частково переходить у легкодоступний іон амонію  $\text{NH}_4^+$  та залишок азотної кислоти  $\text{NO}_3^-$  , які є принципово рівноцінними джерелами живлення рослин азотом. Нормальне живлення рослин аміачною формою азоту відбувається при нейтральній або близькій до неї реакції ґрунту і необхідній кількості кальцію та магнію, а на кислих ґрунтах засвоюється переважно нітратна форма.

Систематичне застосування повного мінерального добрива без вапнування призводить до різкого зниження нітрифікаційної здатності ґрунту. В окремі роки нітратів накопичувалось у 2-2,5 рази менше, ніж у ґрунті без добрив. Дія вапна на процес нітрифікації у ґрунті без добрив була беззаперечно позитивною , незалежно від того , коли його внесли.

Динаміка вмісту сполук азоту є досить показовою щодо характерних змін параметрів азотного режиму у ґрунті за роки його тривалого інтенсивного використання як ріллі (табл. 3.3.1). Слід відмітити позитивний вплив підвищених доз гною (15 т/га сівозмінної площі) на зростання вмісту сполук гідролізованого азоту відносно вихідних значень. Завдяки тривалішому меліоративному впливу на вбирний комплекс ґрунту полуторної дози  $\text{CaCO}_3$  (10 т/га гною +240 кг/га NPK+  $\text{CaCO}_3$ , 7,5т/га) і доломітового борошна (ФОН + доломіт, 5т/га) уміст гідролізованих сполук азоту в ґрунті був на рівні , де вносили подвійну дозу мінеральних добрив на фоні післядії гною (10 т/га гною +240 кг/га NPK+  $\text{CaCO}_3$ , 5т/га + П.П.).

**Таблиця 3.3.1**

**Забезпеченість сірого лісового ґрунту азотом залежно від вапнування та системи удобрення, шар ґрунту 0-20 см**

Удобрення	Вміст сполук гідролізованого азоту, мг/кг				Зміна вмісту, мг/кг	Зміна вмісту, %
	вихідні	7-й рік дії вапна	14-й рік післядії вапна	7-й рік повторного вапнування		
Без добрив (контроль)	71,4	64,4	65,8	64,4	-7,0	-10
CaCO <sub>3</sub> , 5т/га	72,8	62,0	56,6	76,6	+3,8	+5
160 кг/га NPK	81,2	67,7	63,0	70,0	-11,2	-16
160 кг/га NPK+ CaCO <sub>3</sub> , 5т/га	89,6	62,2	65,8	75,6	-14,0	-19
10 т/га гною + CaCO <sub>3</sub> , 5т/га	77,0	60,2	61,6	72,2	-4,2	-6
10 т/га гною +160 кг/га NPK - ФОН	95,2	67,2	65,8	78,4	-16,8	-21
ФОН + CaCO <sub>3</sub> , 5т/га	71,4	64,4	67,2	81,2	+9,8	+14
ФОН + доломіт, 5т/га	95,2	67,2	70,0	78,8	-16,4	-21
ФОН + CaCO <sub>3</sub> , 0,7т/га	79,8	64,4	65,8	70,0	-9,8	-14
ФОН + CaCO <sub>3</sub> , (2,5 кг/1 кг N)	74,2	67,2	67,2	67,2	-7,0	-10
ФОН + CaCO <sub>3</sub> , 5т/га (пошарово)	71,4	58,8	68,6	70,0	-1,4	-2
10 т/га гною +240 кг/га NPK+ CaCO <sub>3</sub> , 5т/га	72,8	57,4	67,2	72,8	-	-
10 т/га гною +320 кг/га NPK+ CaCO <sub>3</sub> , 5т/га	75,6	61,8	70,0	70,0	-5,6	-8
10 т/га гною +240 кг/га NPK+ CaCO <sub>3</sub> , 7,5т/га	70,0	64,4	70,0	64,4	-5,6	-9
10 т/га гною +240 кг/га NPK+ CaCO <sub>3</sub> , 5т/га + П.П.	100,8	65,8	61,6	67,2	-33,6	-50
Побічна продукція	67,2	64,4	57,4	64,4	-2,8	-4
15 т/га гною +240 кг/га NPK+ CaCO <sub>3</sub> , 5т/га	70,0	91,0	64,4	61,6	-8,4	-14
240 кг/га NPK+ CaCO <sub>3</sub> , 5т/га	70,0	67,2	63,0	65,6	-4,4	-7
320 кг/га NPK+ CaCO <sub>3</sub> , 5т/га	67,2	88,2	61,8	67,2	-	-
НІР <sub>0,05</sub>	6,45	5,90	2,7	3,8		

Встановлено, що вапнування проведене повною дозою на фоні органіно-мінерального удобрення, не вплинуло на вміст гідролізованих сполук, що пов'язано із вимиванням цього елемента в нижчі шари ґрунту та інтенсивним використанням сільськогосподарськими культурами.

Таким чином, істотно вплинути на вміст сполук гідролізованого азоту в орному шару сірого лісового ґрунту вдалося лише за умови внесення 15 т/га

гною та 80 кг азоту на 1 га сівозмінної площі у поєднанні з вапнуванням. Решта застосованих систем удобрення загалом кардинально не змінювала вміст сполук гідролізованого азоту.

Як у формуванні родючості ґрунту, так і в процесах функціонування живих організмів фосфор відіграє дуже важливу роль. У ґрунтах він знаходиться у вигляді мінеральних та органічних сполук, переважно у важкорозчинних формах. Його мінеральні сполуки перебувають у нейтральних ґрунтах у вигляді солей кальцію, у кислих – солей алюмінію, заліза та менше кальцію.

Встановлено, якщо у ґрунті переважають фосфати алюмінію і заліза, вапнування сприяє збільшенню вмісту рухомого фосфору. Відбувається це за рахунок перетворення важкорозчинних фосфатів алюмінію і заліза у фосфати кальцію, які в умовах слабкокислого середовища доступніші для рослин. У випадках, коли переважають фосфати кальцію або їх стільки, скільки фосфатів алюмінію і заліза, що має місце в опідзолених ґрунтах Лісостепу, фосфор під дією вапна на деякий період стає менш доступним для рослин.

Результати досліджень показують, що ґрунт дослідної ділянки мав високий вихідний вміст рухомих фосфатів (220-300 мг/кг ґрунту). Разом з тим, вапнування сприяло його підвищенню, особливо це чітко спостерігалось на 7-й рік дії вапна, що пов'язано із насиченням ґрунтового вбирного комплексу обмінними кальцієм та магнієм за рахунок внесених хімічних меліорантів (табл. 3.3.2).

Зростаючими темпами відбувалося накопичення рухомих форм фосфору протягом 14 років лише за умови внесення 10 т/га гною +240 кг/га NPK+ CaCO<sub>3</sub>, 7,5т/га. Зростання вмісту рухомих фосфатів в орному шарі відносно вихідних показників на 31% відбулося на фоні повної нейтралізації ґрунтової кислотності в шарі 0-20 см протягом двох ротаций семипільної сівозміни.

Таблиця 3.3.2

**Вміст рухомих фосфатів у сірому лісовому ґрунті залежно від вапнування та системи удобрення, шар ґрунту 0-20 см**

Удобрення	вихідні	P <sub>2</sub> O <sub>5</sub> , мг/кг				Зміна вмісту, %
		7-й рік дії вапна	зміна вмісту, мг/кг	14-й рік післядії вапна	зміна вмісту, мг/кг	
Без добрив (контроль)	223	193	-30	185	-38	-15
CaCO <sub>3</sub> , 5т/га	183	223	+40	200	+17	+16
160 кг/га NPK	267	232	-35	212	-55	-17
160 кг/га NPK+ CaCO <sub>3</sub> , 5т/га	295	276	-19	260	-35	-9
10 т/га гною + CaCO <sub>3</sub> , 5т/га	295	272	-23	188	-107	-22
10 т/га гною +160 кг/га NPK - ФОН	352	226	-126	224	-128	-36
ФОН + CaCO <sub>3</sub> , 5т/га	226	238	+12	250	-24	-3
ФОН + доломіт, 5т/га	257	295	+38	259	+2	+1
ФОН + CaCO <sub>3</sub> , 0,7т/га	295	295	-	261	-34	-6
ФОН + CaCO <sub>3</sub> , (2,5 кг/1 кг N)	267	281	+14	250	-17	-1
ФОН + CaCO <sub>3</sub> , 5т/га (пошарово)	257	370	+113	283	+26	+3
10 т/га гною +240 кг/га NPK+ CaCO <sub>3</sub> , 5т/га	332	390	+58	300	+32	+14
10 т/га гною +320 кг/га NPK+ CaCO <sub>3</sub> , 5т/га	254	281	+27	268	+14	+8
10 т/га гною +240 кг/га NPK+ CaCO <sub>3</sub> , 7,5т/га	235	276	+41	340	+105	+31
10 т/га гною +240 кг/га NPK+ CaCO <sub>3</sub> , 5т/га + П.П.	295	294	-1	282	-13	-2
Побічна продукція	295	223	-72	236	-59	-22
15 т/га гною +240 кг/га NPK+ CaCO <sub>3</sub> , 5т/га	250	271	+21	250	-	+4
240 кг/га NPK+ CaCO <sub>3</sub> , 5т/га	286	314	+18	283	+3	+4
320 кг/га NPK+ CaCO <sub>3</sub> , 5т/га	260	332	+72	282	+22	+18
НІР <sub>0,05</sub>	2,7	3,4	-	2,7	-	-

Поліпшення і підтримання на вищому рівні поживного режиму ґрунту відбувалося також за внесення доломітового борошна і вапнякового борошна пошарово та полуторної дози вапна. У цих ділянках навіть на 14-й рік післядії вапна, уміст рухомого фосфору перевищував вихідні показники і становив відповідно 259, 283, 340 мг/кг ґрунту. З наведених даних видно, що вапнування,

особливо підвищеними дозами, незалежно від фону удобрення супроводжується підвищенням умісту рухомого фосфору.

Застосування як меліоранта композиції дефекату (0,5 і 0,75 дози  $\text{CaCO}_3$ ) і сапоніту 1,5 т/га забезпечило менше зниження вмісту рухомих фосфатів (на 18 мг/кг ґрунту) порівняно з унесенням повної дози  $\text{CaCO}_3$  у формі дефекату і доломіту та найнижчі в досліді абсолютні зниження забезпеченості орного шару рухомими фосфатами.

Можна стверджувати, що повернення в ґрунт нетоварної частини врожаю протягом двох ротацій сівозміни не дозволяє утримувати вміст рухомого фосфору в орному шарі ґрунту на рівні вихідних показників (295 мг/кг ґрунту). Тут він знизився до 183 мг/кг ґрунту, проте достовірно перевищує вміст рухомих фосфатів у ґрунті ділянки без добрив.

Отже, фосфатний стан сірого лісового ґрунту за інтенсивного землеробства залежав від рівня мінерального удобрення та в меншій мірі від внесення вапна.

Калій – це один із найважливіших макроелементів мінерально живлення рослин, що відіграє важливу роль в одержанні високих і сталих врожаїв, забезпечення їх якості. Без нього, як і без фосфору, неможливий нормальний ріст і розвиток сільськогосподарських культур. Забезпеченість ґрунтів різними формами калію зумовлена властивостями первинних і вторинних мінералів, особливостями їх трансформації в ґрунті та системою удобрення культур.

З агрономічної точки зору, особливо важливе значення має визначення не загального (валового) калію, а тієї його частини, яка є найбільш рухомою і доступною рослинам. Ця частина складає лише невелику частку вмісту валового калію ґрунту. Найменша кількість калію міститься у ґрунтовому розчині, більше в обмінній формі – в сірих лісовий ґрунтах біля 1% від валового вмісту.

Про вплив кальцію на надходження в рослини калію є численні повідомлення, однак у більшості випадків, суперечливі. Одні дослідники переконані в наявності ясно вираженої негативної дії вапна на калійне живлення рослин. Явище антагонізму кальцію відносно калію, на думку цих авторів, проявляється у зниженні рухомості форм калію, що поглинаються, зменшенні вмісту водорозчинного калію і фіксації калію в необмінній формі, що веде до зниження надходження калію в рослини.

У наукових дослідженнях є також ряд свідчень про те, що вапнування не є фактором вирішального впливу на калійний режим ґрунту. Погіршення калійного живлення рослин на фоні вапнування пояснюється тим, що калій необмінно поглинається ґрунтовими колоїдами.

Аналізуючи отримані результати досліджень слід відмітити, що вміст рухомого калію в орному шарі значно знизився відносно вихідних показників (табл. 3.3.3). Калійний режим на ділянках з вапнуванням був сприятливий, але кількість рухомого калію майже на всіх фонах удобрення зменшилася, особливо це чітко спостерігалось на кінець ротації першої сівозміни.

Аналіз результатів вмісту рухомого калію в орному шарі сірого лісового ґрунту за умови повної відсутності будь-якого удобрення протягом 19 років дає можливість говорити про значне погіршення калійного живлення культур сівозміни. Уміст рухомого калію зменшився удвічі порівняно з вихідними показниками (119,5 мг/кг ґрунту) і стабілізувався на рівні 50,0-52,5 мг/кг ґрунту, що відповідає за рівнем забезпечення низькому вмісту для зернових культур і дуже низькому для просапних.

Застосування нетоварної частки врожаю протягом двох ротацій сівозміни та її доповнення мінеральною системою удобрення не забезпечило істотної зміни вмісту рухомого калію в орному шарі порівняно з контролем та ділянками без заорювання в ґрунт побічної продукції.



**Таблиця 3.3.3**

**Вміст рухомого калію у сірому лісовому ґрунті залежно від вапнування та системи удобрення, шар ґрунту 0-20 см**

Удобрення	K <sub>2</sub> O, мг/кг				Зміна вмісту, мг/кг	Зниження вмісту, %
	вихідні	7-й рік дії вапна	14-й рік післядії вапна	5-й рік дії повторного вапнування		
Без добрив (контроль)	119,5	107,5	54,0	52,5	-67	56
CaCO <sub>3</sub> , 5т/га	105,0	78,5	62,5	57,5	-48	46
160 кг/га NPK	175,0	129,5	59,0	59,0	-116	66
160 кг/га NPK+ CaCO <sub>3</sub> , 5т/га	249,6	97,0	62,0	60,0	-190	76
10 т/га гною + CaCO <sub>3</sub> , 5т/га	170,5	76,5	42,5	52,5	-188	69
10 т/га гною +160 кг/га NPK - ФОН	192,5	95,0	68,5	70,0	-123	64
ФОН + CaCO <sub>3</sub> , 5т/га	85,0	79,5	65,0	75,0	-8	9
ФОН + доломіт, 5т/га	88,5	95,0	60,2	70,0	-19	21
ФОН + CaCO <sub>3</sub> , 0,7т/га	151,5	86,5	62,5	77,5	-74	49
ФОН + CaCO <sub>3</sub> , (2,5 кг/1 кг N)	154,0	85,5	58,5	62,5	-92	60
ФОН + CaCO <sub>3</sub> , 5т/га (пошарово)	120,0	105,3	70,5	77,5	-43	36
10 т/га гною +240 кг/га NPK+ CaCO <sub>3</sub> , 5т/га	144,0	91,0	73,5	70,0	-74	51
10 т/га гною +320 кг/га NPK+ CaCO <sub>3</sub> , 5т/га	96,5	104,0	73,5	77,5	-19	20
10 т/га гною +240 кг/га NPK+ CaCO <sub>3</sub> , 7,5т/га	96,5	90,0	81,3	76,3	-20	21
10 т/га гною +240 кг/га NPK+ CaCO <sub>3</sub> , 5т/га + П.П.	178,0	134,8	62,0	62,5	-116	65
Побічна продукція	134,0	64,0	39,5	47,5	-87	65
15 т/га гною +240 кг/га NPK+ CaCO <sub>3</sub> , 5т/га	92,5	85,5	62,0	62,5	-30	32
240 кг/га NPK+ CaCO <sub>3</sub> , 5т/га	100,0	77,5	78,5	70,0	-30	30
320 кг/га NPK+ CaCO <sub>3</sub> , 5т/га	136,5	103,0	118,3	81,3	-55	40
НІР <sub>0,05</sub>	2,95	1,20	1,12	0,69	-	-

Внесення підвищених доз мінеральних добрив у поєднанні із вапнуванням дозволило підтримувати вміст рухомого калію в орному шарі ґрунту на найвищому в досліді рівні 80-90 мг/кг ґрунту.

Як показали дослідження, внесений сапоніт позитивно впливав на вміст рухомого калію. Достовірне підвищення вмісту відзначено на ділянках із застосуванням 1,5 т/га сапоніту як доповнення до неповних доз  $\text{CaCO}_3$ , що пов'язано також з надходженням невеликої кількості калію із сапонітом та запобіганням його втрат з добрив шляхом обмінного поглинання сапонітом.

Позитивний вплив сидерату на калійний режим сірого лісового ґрунту однозначно зафіксований у варіантах, де система удобрення не включала мінеральних добрив взагалі. Приорювання 15 т/га зеленої маси конюшини другого укосу забезпечило підвищення вмісту рухомого калію в ґрунті до 24 %.

Отже, загалом калійний режим сірого лісового ґрунту, який малозабезпечений рухомими формами калію в основному поліпшується за рахунок застосування підвищених доз мінеральних добрив та вапнування. Покращення калійного режиму в системі інтенсивного землеробства може здійснюватись за рахунок внесення сапоніту, повернення в ґрунт нетоварної частини врожаю та системного використання сидерації протягом ротації сівозміни.

#### **РОЗДІЛ 4. ВПЛИВ СИСТЕМИ УДОБРЕННЯ ТА ВАПНУВАННЯ НА ПРОДУКТИВНІСТЬ ЛАНКИ СІВОЗМІНИ**

Одним із основних показників рівня родючості ґрунтів для більшості сільськогосподарських культур є реакція середовища, як індикатор цілого комплексу властивостей, від яких залежить формування врожаю. Сірі лісові ґрунти характеризуються низьким умістом гумусу, сівозміна насичена зерновими культурами, які по-різному реагують на вапнування ґрунтів, адже вплив реакції середовища на рослинний організм залежить від співвідношення катіонів кальцію і водню у ґрунтовому розчині, а також від характеру та рівня удобрення. Покращення фізико-хімічних та інших властивостей ґрунту за комплексного застосування вапна і добрив супроводжувалося підвищенням продуктивності сільськогосподарських культур (табл. 4.1).

У результаті досліджень встановлено, що загальна продуктивність ланки сівозміни на 60 % залежить від системи удобрення та вапнування. Загалом, застосування різних рівнів удобрення та вапнування у даній ланці сівозміни забезпечило істотний приріст продуктивності гектара на рівні 0,29-2,43 т/га з. од. Застосування мінеральних добрив на фоні вапнування сприяло підвищенню ефективності останніх.

Таблиця 4.1

## Продуктивність культур ланки сівозміни., т/га з. од.

Варіант досліджу		Продуктивність культур, т/га з. од.					
		гречка	ячмінь ярий	соя	середня продуктивність	в % до контролю	приріст від вапна, %
1.	Без добрив (контроль)	3,0	3,6	3,3	3,3	-	-
2.	CaCO <sub>3</sub> (1,0 Нг)	3,2	3,9	3,5	3,5	6	-
3а.	НРК	3,4	4,8	4,5	4,2	27	-
3б.	НРК за ВГС	-	-	4,6	-	-	-
4а.	НРК + CaCO <sub>3</sub> (1,0 Нг)	5,2	5,4	4,7	5,1	54	27
4б.	НРК за ВГС + CaCO <sub>3</sub> (1,0 Нг)	-	-	4,7	-	-	-
5.	Сидерат + CaCO <sub>3</sub> (1,0 Нг)	4,2	4,2	4,0	4,1	24	-
6.	Сидерат + НРК + ПП - <b>ФОН</b>	5,7	5,2	4,7	5,2	58	-
7.	ФОН + CaCO <sub>3</sub> (1,0 Нг)	6,4	6,0	5,4	5,9	79	21
8.	ФОН + доломіт (1,0 Нг)	6,6	6,3	5,6	6,2	89	31
9.	Сидерат + ПП + НРК за ВГС	5,9	5,2	4,8	5,3	61	-
10.	ФОН + CaCO <sub>3</sub> (0,75Нг) + сапоніт (1,5 т/га)	6,8	6,3	5,1	6,1	85	27
11.	ФОН + CaCO <sub>3</sub> (0,5 Нг) + сапоніт (1,5 т/га)	6,5	5,9	4,5	5,6	70	12
12а.	Сидерат + 1,5 НРК + CaCO <sub>3</sub> (1,0 Нг) + ПП	7,0	6,7	6,1	6,6	100	-
12б.	Сидерат + 1,5НРК за ВГС +CaCO <sub>3</sub> (1,0Нг) + ПП	-	-	6,3	-	-	-
13а.	Сидерат + 2 НРК + CaCO <sub>3</sub> (1,0 Нг) + ПП	7,4	6,9	6,6	6,9	109	-
13б.	Сидерат + 2 НРК за ВГС + CaCO <sub>3</sub> (1,0 Нг) + ПП	-	-	6,7	-	-	-
14.	Сидерат + 1,5 НРК + CaCO <sub>3</sub> (1,5 Нг) + ПП	7,2	7,2	6,8	7,1	115	-
15.	Сидерат + 1,5 НРК +CaCO <sub>3</sub> (1,0 Нг)	6,7	6,3	5,7	6,2	88	-
16.	Побічна продукція + сидерат	3,1	3,7	3,6	3,5	6	-
17.	1,5 НРК + CaCO <sub>3</sub> (1,0 Нг) + ПП	6,8	6,7	5,9	6,5	97	-
18а.	1,5 НРК + CaCO <sub>3</sub> (1,0 Нг)	6,5	6,4	5,6	6,2	88	-
18б.	1,5 НРК за ВГС + CaCO <sub>3</sub> (1,0 Нг)	-	-	5,8	-	-	-
19а.	2 НРК + CaCO <sub>3</sub> (1,0 Нг)	7,0	6,9	6,4	6,8	106	-
19б.	2 НРК за ВГС + CaCO <sub>3</sub> (1,0 Нг)	-	-	6,6	-	-	-
НІР <sub>05</sub>		0,41	0,52	0,45	0,51		

Так, за внесення одинарної дози мінеральних добрив на фоні вапнування повною дозою (вар. 4) середня продуктивність культур сівозміни була на 27% вищою порівняно з варіантом, де вносили лише мінеральні добрива (вар. 3). Застосування підвищених доз мінеральних добрив на тому ж фоні вапна забезпечило відповідно приріст продуктивності 2,9 та 3,5 т/га з. од., що на 88 і 97% вище ніж на контрольному варіанті (без добрив). Істотний вплив на показники продуктивності отримано також від застосування 1,5 т/га сапоніту з дефекатом (0,5 та 0,75 Нг).

Аналізуючи продуктивність ланки сівозміни, відмічаємо, що застосування добрив у поєднанні з вапнуванням значно підвищує його ефективність не тільки в перші роки проведення, але й у післядії (12-й рік), особливо це виразно видно за вирощування культур на варіантах із підвищеними дозами мінеральних добрив. Результати досліджень свідчать про те, що полуторна доза вапна (вар. 14) достовірно перевищує ефективність одинарної дози вапнякового борошна (вар. 12), на 12-й рік приріст продуктивності 0,5 т/га з. од.

Основним показником, що визначає продуктивність культур, є зернова цінність. Система удобрення не лише сприяє підвищенню врожайності, а й отриманню якості зерна на рівні II класу придатного для експорту та виготовлення високоякісних хлібобулочних виробів. Проте, характер впливу будь-якої системи удобрення може змінюватись залежно від конкретних умов зовнішніх чинників: забезпеченості рослин макро- і мікроелементами, реакції середовища, вологості року, температури повітря тощо .

Досліджено показники якості зерна ячменю, гречки та сої залежно від органічного удобрення та післядії хімічної меліорації. Ґрунтово-кліматичні умови Правобережного Лісостепу у 2021 році дозволили одержати зерно ячменю з умістом білка 10,97-11,20%, крохмалю 62,15-63,78%; зерно гречки з умістом білка 14,58-16,03%, жиру 2,70–2,98%; сої з умістом білка 19,20-20,26%,

протеїну – 44,18-47,06%, клейковини – 7,33-7,53%. Найвища якість основної продукції забезпечувалась за насиченості ланки сівозміни помірними дозами мінеральних добрив на фоні вапнування одинарною дозою  $\text{CaCO}_3$ , а також за підвищених доз мінеральних добрив на фоні полуторної дози вапна.

## РОЗДІЛ 5. ЕКОНОМІЧНА ЕФЕКТИВНІСТЬ ВИРОЩУВАННЯ КУЛЬТУР

Здійснення заходів з регулювання та відтворення родючості сірого лісового ґрунту передбачає економічну оцінку їх ефективності, яка базується на системі показників: урожайність сільськогосподарських культур; додаткова продукція (приріст урожаю), що отримана від вапнування та органічного удобрення у натуральному та вартісному виразах; умовно чистий прибуток на 1 га. При оцінці економічної ефективності застосування удобрення враховується вихід валової продукції у ціновому виразі з одиниці площі, а також затрати на її отримання. Валова продукція розраховується у закупочних цінах, які в найбільшій мірі відображають її загальну вартість. Знаючи суму приростів урожаю всіх культур ланки сівозміни в грошовому виразі, а також загальні витрати на придбання і застосування можна вирахувати умовно чистий прибуток (табл. 5.1). При цьому витрати на внесення вапна становили 2500 грн (10-12 рік післядії – 208 грн), витрати на насіння культур ланки сівозміни – 1065 грн, на паливно-мастильні матеріали – 7680 грн, на мінеральні добрива становили 4698,0 грн., протруювання насіння «ВІТАВАКС» – 591 грн., вартість 1 тонни зернової одиниці – 4500 грн.

Результати економічної ефективності підтверджують високу рентабельність вапнування, внесення органічних добрив, але важливо зазначити, що окупність затрат має значні коливання залежно від мінерального удобрення і ступеня зміни властивостей ґрунту під впливом вапнування, у першу чергу, від рівня зниження кислотності.

Таблиця 5.1

**Економічна ефективність вирощування сільськогосподарських культур у ланці сівозміни залежно від вапнування та удобрення ґрунту**

Варіант	Середня продуктивність ланки сівозміни, т/га з.од.	Дохід, грн/га	Вартість приросту, грн/га	Витрати на обробіток ґрунту, добрив, насіння, вапна, грн/га	Умовно чистий прибуток, грн/га			Рентабельність, %
					сумарної дії факторів	сидерату, добрив та побічної продукції	вапна	
1. Без добрив (контроль)	3,3	14850,0	–	8745,0	6105,0	–	–	70
2. CaCO <sub>3</sub> (1,0 Нг)	3,5	15750,0	900,0	8953,0	6797,0	–	692,0	76
3а. NPK	4,2	18900,0	4050,0	14034,0	4866,0			35
4а. NPK + CaCO <sub>3</sub> (1,0 Нг)	5,1	22950,0	8100,0	14242,0	8708,0			61
5. Сидерат + CaCO <sub>3</sub> (1,0 Нг)	4,1	18450,0	3600,0	8953,0	9497,0	2700,0		106
6. Сидерат + NPK + ПП - ФОН	5,2	23400,0	8550,0	14034,0	9366,0	3261,0		67
7. ФОН + CaCO <sub>3</sub> (1,0 Нг)	5,9	26550,0	11700,0	14242,0	12308,0		2942,0	86
8. ФОН + доломіт (1,0 Нг)	6,2	27900,0	13050,0	14242,0	13658,0		4292,0	96
9. Сидерат + ПП + NPK за ВГС	5,3	23850,0	9000,0	14034,0	9816,0			70
10. ФОН + CaCO <sub>3</sub> (0,75 Нг) + сапоніт (1,5 т/га)	6,1	27450,0	12600,0	14242,0	13208,0		3842,0	92
11. ФОН + CaCO <sub>3</sub> (0,5 Нг) + сапоніт (1,5 т/га)	5,6	25200,0	10350,0	14242,0	10958,0		1592,0	77
12а. Сидерат + 1,5 NPK + CaCO <sub>3</sub> (1,0 Нг) + ПП	6,6	29700,0	14850,0	14242,0	15458,0			109
13а. Сидерат + 2 NPK + CaCO <sub>3</sub> (1,0 Нг) + ПП	6,9	31050,0	16200,0	14242,0	16808,0			118
14. Сидерат + 1,5 NPK + CaCO <sub>3</sub> (1,5 Нг) + ПП	7,1	31950,0	17100,0	14242,0	17708,0			124
15. Сидерат + 1,5 NPK + CaCO <sub>3</sub> (1,0 Нг)	6,2	27900,0	13050,0	14242,0	13658,0			96
16. Побічна продукція + сидерат	3,5	15750,0	900,0	8745,0	7005,0	900,0	–	80
17. 1,5 NPK + CaCO <sub>3</sub> (1,0 Нг) + ПП	6,5	29250,0	14400,0	14242,0	15008,0			105
18а. 1,5 NPK + CaCO <sub>3</sub> (1,0 Нг)	6,2	27900,0	13050,0	14242,0	13658,0			96
19а. 2 NPK + CaCO <sub>3</sub> (1,0 Нг)	6,8	30600,0	15750,0	14242,0	16358,0			115



Розрахунки економічної оцінки підтверджують, що вапнування є найефективнішим заходом підвищення родючості; найрентабельнішим для ґрунтів, що вивчалися, слід вважати внесення вапнякових матеріалів (вапнякового і доломітового борошна) у дозі 1,0 Нг у поєднанні з внесенням сидератів (один раз за ротацію сівозміни) на фоні NPK (одинарна доза 160 кг д. р.), що забезпечило отримання додаткової продукції на суму 3600,0-13050,0 грн/га, при цьому умовно чистий прибуток становив 9497,0-13658,0 грн/га, рентабельність 76-106%.

## ВИСНОВКИ

1. Виведення сірого лісового ґрунту із інтенсивного сільськогосподарського виробництва значно покращує показники агрохімічних та фізико-хімічних властивостей. Так, за 8-річної сіножаті порівняно із вихідними показниками зріс вміст гумусу – із 1,44 до 1,86%, зменшились показники кислотності ґрунту: обмінна - із 4,6 до 5,5, гідролітична – із 3,6 до 1,9 мг-екв/ 100 г ґрунту. Під 14-річним перелогом, порівняно із сіножаттю, відбулось подальше зменшення показників кислотності ґрунту: обмінна кислотність склала 6,2, гідролітична – 1,6 мг-екв/ 100 г ґрунту. Сформувалася більша потужність гумусово-елювіального горизонту, вміст гумусу зріс не тільки в орному шарі – 1,76% гумусу, а й на глибині 100 см - до 0,46%.

2. Застосування різних видів меліорантів на фоні органо-мінерального удобрення зменшило показники обмінної кислотності із 5,0 одиниць на контролі до 5,6-6,1, гідролітична кислотність знизилась із 2,3 мг.екв/100 г на контролі до 1,2-1,8 мг.екв/100 г.

За внесення лише мінеральних добрив вміст обмінного алюмінію був максимальним – 0,24 мг.екв/100 г, вапнування зменшило його вміст до 0,17-0,20 мг.екв/100 г, а мінімальне значення виявлено при внесенні мінеральних добрив у нормі 240 кг/га д.р. сукупно із побічною продукцією та сидератами на фоні полуторної дози вапна – 0,17 мг.екв/100 г.

3. Хімічна меліорація сірого лісового ґрунту різними видами вапнякових матеріалів на фоні органо-мінеральної системи удобрення позитивно вплинула на структуру обмінних катіонів. Так, внесення дефекату та 160 кг/га NPK сукупно із побічною продукцією та сидератами збільшило вміст обмінних катіонів кальцію та магнію до 87% від ємності вбирання, їх відношення зросло до 8,1, тоді як на контролі ці показники склали відповідно 58% та 7,0.

Застосування доломітового борошна збільшило суму кальцію та магнію до 90% від ємності вбирання.

Найкраще стабілізації структури обмінних катіонів сприяло поєднання дефекату із сапонітом: сума кальцію та магнію була оптимальною для ґрунту – 85%, а їх співвідношення зросло до 10,8.

4. Завдяки тривалішому меліоративному впливу на вбирний комплекс ґрунту полуторної дози  $\text{CaCO}_3$  (10 т/га гною +240 кг/га NPK+  $\text{CaCO}_3$ , 7,5т/га) і доломітового борошна (ФОН + доломіт, 5т/га) уміст гідролізованих сполук азоту в ґрунті був на рівні , де вносили подвійну дозу мінеральних добрив на фоні післядії гною (10 т/га гною +240 кг/га NPK+  $\text{CaCO}_3$ , 5т/га + П.П.).

5. Зростаючими темпами відбувалося накопичення рухомих форм фосфору протягом 14 років лише за умови внесення 10 т/га гною +240 кг/га NPK+  $\text{CaCO}_3$ , 7,5т/га. Зростання вмісту рухомих фосфатів в орному шарі відносно вихідних показників на 31% відбулося на фоні повної нейтралізації ґрунтової кислотності в шарі 0-20 см протягом двох ротаций семипільної сівозміни.

6. Внесення підвищених доз мінеральних добрив у поєднанні із вапнуванням дозволило підтримувати вміст рухомого калію в орному шарі ґрунту на найвищому в досліді рівні. Достовірне підвищення вмісту відзначено на ділянках із застосуванням 1,5 т/га сапоніту як доповнення до неповних доз  $\text{CaCO}_3$ .

7. За внесення мінеральних добрив у нормі 160 кг/га NPK на фоні вапнування повною дозою середня продуктивність культур сівозміни була на 27% вищою порівняно з варіантом, де вносили лише мінеральні добрива. Застосування підвищених норм мінеральних добрив (240 кг/га та 320 кг/га NPK) на тому ж фоні вапна забезпечило відповідно приріст продуктивності 2,9 та 3,5 т/га з. од., що на 88 і 97% вище ніж на контрольному варіанті. (без добрив). Істотний вплив на показники

продуктивності отримано також від застосування 1,5 т/га сапоніту , а полуторна доза вапна достовірно перевищує ефективність одинарної дози:: на 12-й рік приріст продуктивності склав 0,5 т/га з. од.

8.Розрахунки економічної ефективності вирощування сільськогосподарських культур свідчать , що внесення вапнякових матеріалів у поєднанні із мінеральними добривами, побічною продукцією та сидератами підвищує рентабельність використання останніх на 15-24 %.

## СПИСОК ВИКОРИСТАНОЇ ЛІТЕРАТУРИ

1. Національна доповідь «Про стан родючості ґрунтів України» / за ред. С.А. Балюка, В.В. Медведєва, О.Г. Тараріко, В.О. Грекова, А.Д. Балаєва; Нац. акад. аграр. наук, ННЦ «Інститут ґрунтознавства та агрохімії імені О.Н. Соколовського», НУБіП України – К.: Вид. Мінагрополітики, 2010. – 112 с.
2. Ґрунтознавство з основами геології // О.Ф. Гнатенко, М.В. Капштик, Л.Р. Петренко, С.В. Вітвіцький.- К.: Оранта.- 2005.- 648 с.
3. Ткаченко М.А., Кондратюк І.М., Борис Н.Є. Хімічна меліорація кислих ґрунтів. Вінниця.- ТОВ «Твори».- 2019.- 318 с.
4. Полупан Н.И. Почвы Украины и повышение их плодородия .Т.1.- Київ.1988.-296 с.
5. Полупан М.І., Соловей В.Б., Величко В.А. Класифікація ґрунтів України // Агрохімія і ґрунтознавство. Спецвипуск до VI з'їзду УТГА.- 2002.- С. 129-138.
6. Гринченко Т.О., Дараган Ю.В. Кислые почвы // Почвы Украины и повышение их плодородия.-К.: Урожай.-1988.-т.2.- С.108-112
7. Дараган Ю.В. Про головні напрями досліджень у галузі поліпшення ґрунтів із кислою реакцією // Агрохімія і ґрунтознавство.- 1975.- вип. 5.- С. 70-77.
8. Довідник з агрохімічного та агроекологічного стану ґрунтів України. За ред. Б.С. Носка, Б.С. Прістера, М.В. Лободи .К.: Урожай.- 1994.- 328 с.
9. Мазур Г.А., Медвідь Г.К. Сімачинський В.М. Підвищення родючості кислих ґрунтів. К.: Урожай.- 1984.- 176 с.
10. Мазур Г.А. Відтворення і регулювання родючості легких ґрунтів // Монографія.К.: Аграрна наука. 2008. 308 с.
11. Габріель А.Й., Петрунів І.І. Агроекологічна оцінка ясно-сірого лісового ґрунту за різних систем його удобрення. Львів.-2004.- Вип. 46.-

Ч.1.- С. 19-25

12. Бережняк Є.М., Бережняк М.Ф., Іванія Д.А. Оцінка екологічної стійкості сірих лісових ґрунтів за різного використання. Рослинництво та ґрунтознавство.- вип. 11.- №1.-2020.- С.52-61.
13. Охорона ґрунтів. За ред.. М.К. Шикули.-К.: Знання,-2004.- 398 с.
14. Надежкина Е.В., Караянова В.И. Изменение физико-химических свойств серой лесной почвы под влиянием техногенного загрязнения // Экол. аспекты интенсификации с.-х пр-ва.- 2002.- Т.1.- С.54-62.
15. Богомазов Н.П.,Шильников,И.А.,Нетребенко Н.Н.Влияние кислот-ного дождя на вымывание элементов из почвы с разным уровнем почвенного раствора и удобренностью // Агрохимия.- М.:1996.- №3.- С. 20-28
16. Кривоносова В.М., Янова Г.Н., Вервейко Е.И. Состав атмосферных осадков и поступление с ними химических соединений в почвы Западной Лесостепи УССР //Агрохимия.-1990.- №5.- С. 130-134.
17. Барвінський А.В. Роль вапнування в захисті кислих ґрунтів Правобережного Полісся та Лісостепу від фізичної деградації // Спецвипуск УААН.- Харків.- 2002.- 147 с.
18. Rex M. Optimate Reaktion.1988 // Agrar. Praxis. №8. P. 59-69.
19. Мазур Г.А., Сімачинський В.М. Стан і перспективи підвищення ефективності вапнування кислих ґрунтів України // Вісник аграрної науки.- 1996.- №3.- С. 30-43.
20. Мазур Г.А., Ткаченко М.А., Кондратюк І.М. Вапнування як основа підвищення родючості сірих лісових ґрунтів // Збірн. наук. праць ННЦ «ІЗ УААН».- 2005.- С. 144-150.
21. Бугаев В.П., Осипова З.М. Влияние минеральных удобрений и навоза на агрохимические свойства почв и вынос питательных элементов урожаями в многолетнем опыте // Агрохимия.- 1986.- №4.- С. 59-70
22. Буджерак А.И. Реакция сельскохозяйственных культур на

- последствие различных систем удобрений // Агрохимия.- 2000.- №4.- С. 43-48.
23. Господаренко Г.М. Агрохімія мінеральних добрив. К.: Наук. світ.- 2003.- 136 с.
24. Дегодюк Е.Г. Система удобрення зернових культур на сірому лісовому ґрунті // Землеробство. К.: 2004.- Вип. 76.- С. 10-15.
25. Гуменюк А.І. Вапнування ґрунтів.К.: Урожай.- 1968.- 99 с.
26. Кулаковская Т.Н. Влияние известкования и минеральных удобрений на вымывание элементов питания из почвы // Химия в сельском хозяйстве.- 1978.- №9.- С. 36-42.
27. Мазур Г.А. Вапнування кислих ґрунтів, як основа підвищення ефективності дії добрив.- Київ.- 1988.- Вип. 1.- С. 3-9.
28. Томашівський З.М. Ефективність вапнування ґрунтів у західних областях Української РСР // Землеробство.- Київ.- Урожай.- 1979.- Вип.50.- С. 9-16.
29. Бенцаровський Д.М., Дацько Л.В. Гумус – запорука родючості ґрунтів // Науков. вісник НАУ.- Київ.- 2005.- вип.. 81.- С. 147-150.
30. Ткаченко М.А., Борис Н.Є., Павліченко Н.І. Оптимізація удобрення сільськогосподарських культур на кислих ґрунтах. Родючість ґрунтів як основа ефективного землекористування. Матер. Всеукр. наук.-практ. конф.. Київ.- 2019.- С. 48-50.
31. Регулювання родючості сірого лісового ґрунту за різного технологічного навантаження у сівозміні // Г.А. Мазур, М.А. Ткаченко, І.М. Кондратюк, В.М. Шкляр. В кн.. Шляхи підвищення ефективності використання землі в сучасних умовах.- К.: ВП «Едельвейс».- 2016.- С. 84-96.
32. Ткаченко М.А. Кондратюк І.М. Кислотно-лужний режим сірого лісового ґрунту залежно від удобрення і післядії вапна. Родючість ґрунтів як основа ефективного землекористування. Матер. Всеукр. наук.-практ.

конф.. Київ.- 2019.- С. 50-52.

33. Грінченко Т.О. Використання кальцієвмісних сполук – важливий резерв підвищення ефективності родючості ґрунту та урожаїв сільськогосподарських культур // Землеробство.- К.: Урожай.- Вип. 16.- С.24-29.

34. Клебанович Н.В., Василюк Н.В. Влияние доломита различного гранулометрического состава на урожай культур и свойства почв // Почвоведение и агрохимия.- 1998.- Вып. 30.- С. 56-70.

35. Babcan J. Sevc J. Vapenes a dolomite v systemoch a organickymi latkami // Polnohospodarstvo.1999. R.45. P. 5-16.

36. Mora M.L., Baeza J., Pizzaro C., Demanet R. 1999. Effect of calcitic and dolomitic lime on physicochemical properties of a Chilean andisol// Communic. In Soil Sc. Plant Analysis. Vol. 30. P. 427-439.

37. Соколовский А.Н. Избранные труды.- К.: Урожай,- 1971.- 268 с.

38. Гедройц К.К. Избранные сочинения. М.: Сельхозгиз.-1955.-Т.1.-560 с.

39. Колосовская А.Г., Дриц В.А. Геокристаллохимия сапонитов и связанных с ними слоистых силикатов в преобразованных океанических базальтах // Литология и полезн. Ископаемые.- 1988. №5.-С. 3-17.

40. Богданов Г.О. Цеоліт-сметитові туфи Рівненщини: біологічні аспекти використання. Рівне.- Волинські обереги.- 2005.- 184 с.

41. Мазур Г.А., Медвидь Г.К., Григора Т.И. О применении природных цеолитов для повышения плодородия почв легкого гранулометрического состава // Почвоведение.- 1984.- №10.- С.73-78.

42. Мазур Г.А., Ткаченко М.А., Бойко Я.І. , Яремчук І.Д. Ефективність застосування сапонітових глин для меліорації кислих ґрунтів // Вісник аграрної науки.- 2006.- №10.- С. 10-15

43. Вернандер Н.Б. Почвы лесостепной зоны // Природа Украинской ССР.К.: Наукова думка.- 1986.- С. 94-105.



44. Александрова Г.М., Крупський М.К., Дараган Ю.В. Дослідження природи потенціальної ґрунтової кислотності // Всник с.-г. науки.- 1977.- №11.- С. 30-34.
45. Чириков Ф.В., Александровская В.А. К вопросу о природе почвенной кислотности. Минск.-АН БССР.- 1960.- 172 с.
46. Ермолина В.И. Влияние известкования на агрохимические свойства подзолистой почвы.- 2002.- Т.1- С. 127-129.
47. Міневич С.М. Вапнування ґрунтів. К.: Урожай .- 1964.- 52 с.
48. Effron D., Jimenez M., La Hora A. Capacidad de intercambio al pH del suelo, para suelos acidos: metodo de determinacion. Vol. 44. P. 61-68.
49. Гедройц К.К. Учение о поглотительной способности почв.- М.: Сельхозгиз.- 1932.- 204 с.
50. Амелянчик О.А., Воробьева Л.А. Показатели и методы оценки почвенной кислотности и потребности почв в извести // Агрохимия.- 1991.- №2.- С. 123-135.
51. Каппен Г. Почвенная кислотность.- М.: Сельхозгиз.- 1934.- 401 с.
52. Возбуцкая А.Е. Химия почв.- М.: Высш. Школа.- 1965.- 398 с.
53. Chaiwanacupt P., Robertson W.K. 1976. Leaching of phosphate and selected cations from sandy soils as affected by lime // Agronomy Journal. №.3. P. 507-511.
54. Дмитренко П.А. Фосфатный режим почв Украинской ССР и приемы его улучшения // Тр. Почвенного инст-та им. В.В. Докучаева,- 1957.- Т.50.- С. 152-274.
55. Гинзбург К.Е. Методы определения фосфора в почве.- М.: Наука.- 1975.- С. 106-190.
56. Носко Б.С. Регулирование фосфатного режима основных типов почв УССР // Агрохимия.- 1983.- №10.- С. 32-40.
57. Тарарико А.Г. Агроэкологические основы почвозащитного земледелия .- К.: Урожай.- 1990.- 184 с.

58. Патика В.П, Токмакова Л.М., Канівець В.І. Біологічний засіб мобілізації важкорозчинних форм фосфору у ґрунті.- Сільськогосподарська мікробіологія – на допомогу аграрному виробництву.-Чернігів.- 2001.- 40 с.
59. Кольбе Г., Штумпе Г. солома как удобрение.М.:Колос.-1972.-88 с.
60. Балаєв А.Д., Наумовська О.І., Целютін В.П. солома як органічне добриво на чорноземних ґрунтах// Зб. наук. пр. ІЗ НААН. К.: 2003.- С. 38-42.
61. Наукові основи агропромислового виробництва в зоні Лісостепу України // М.В. Зубець, В.П. Ситник, В.Ф. Сайко, В.Ф. Камінський та ін..- К.: Аграрна наука,- 2010.- 980 с.
62. Марчук І.У. Добрива та їх використання.- К.: ТОВ «Юнівест Маркетинг».- 2002.- 246 с.
63. Archer J. 1988. Crop nutrition and Fertiliser use // Farming Press Ltd. P. 25-43.
64. Наукові основи ефективного розвитку землеробства в агроландшафтах України . За ред. В.Ф. Камінського.-К.: ВП «Едельвейс».- 2015.- 428с.
65. Городній М.М. Агрохімія.- К.: Арістей.- 2008.- 936 с.
66. Дегодюк Е.Г. Сучасні системи удобрення сільськогосподарських культур з різною ротацією в зоні Лісостепу .- К.: Аграрна наука.- 2008.- С. 29-58.
67. Мишустин Е.Н., Шильникова В.К. Биологическая фиксация атмосферного азота // М.: Наука.- 1968.- 531 с.
68. Старченков Е.П., Беліма Н.И., Желюк В.М. Связывание молекулярного азота клубеньковыми бактериями в симбиотических и культурных условиях.- К.: Наукова думка.- 1984. – 224 с.
69. Роль азотфіксируючих мікроорганізмів в підвищенні

продуктивности сільськогосподарських рослин // В.Ф. Патыка, А.В. Калиниченко, Ю.Т. Колмаз, М.А. Кислухина // Микроб. журнал. - 1997.- №4.- С.3 -14.

70. Культура сидерації. Наукові основи ефективного застосування зелених добрив у господарствах різних форм власності.- В.Ф. Камінський, С.Ю. Булигін, Е.Г. Дегодюк, С.Е. Дегодюк та ін..- К.: 2013.- 79 с.

71. Дегодюк Е.Г. Сучасні системи удобрення сільськогосподарських культур з різною ротацією в зоні Лісостепу: рекомендації // За ред.. А.С. Заришняка, М.В. Лісового, Е.Г. Дегодюка та ін..- К.: Аграрна наука.- 2008 – С. 29-58

72. Вирощування екологічно чистої продукції рослинництва // Е.Г. Дегодюк, В.Ф. Сайко, М.С. Корнійчук, В.Ф. Камінський та ін..- К.: Урожай.- 1992.- 318 с.